

# Reproduktivni ciklus školjkaša *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771) u hidroakumulaciji Čakovec

---

Penić, Tina

Master's thesis / Diplomski rad

2010

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Science / Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:683197>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-21**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb](#)



Sveu ilište u Zagrebu  
Prirodoslovno-matemati ki fakultet  
Biološki odsjek

Tina Peni

Reproduktivni ciklus školjkaša *Dreissena polymorpha*  
(Pallas, 1771) u hidroakumulaciji akovec

Diplomski rad

Zagreb, 2010. godina

Ovaj rad, izrađen u  
Zoologijskom zavodu Biološkoga odsjeka Prirodoslovno-matematičkog fakulteta  
Sveučilišta u Zagrebu,  
pod vodstvom doc. dr. sc. Jasne Lajtner,  
predan je na ocjenu Biološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta  
u Zagrebu radi stjecanja zvanja profesor biologije

## ZAHVALA

Mentorici, doc.dr.sc. Jasni Lajtner najsrda nije zahvaljujem na neizmjernom razumijevanju, savjetima i pomoći tijekom istraživanja i pisanja ovog rada.

Asistentici, dr.sc. Gordani Gregorovi zahvaljujem na pomoći i savjetima pri korištenju računalnog programa LUCIA G 4.81.

Asistentu, dr.sc Ivanu Radi zahvaljujem na pomoći kod snimanja mikroskopskih preparata.

Tehničarki Zdenki Ivan hvala za pomoć pri izradi histoloških preparata.

Veliko hvala mojim roditeljima i sestrama koji su mi najviše podrška i oslonac u životu.

Mojim dragim prijateljima hvala što su bili uz mene uz sve moje uspone i padove i što su uinili da mi studentski dani ostanu u najljepšem sjećanju.

Sveu ilište u Zagrebu  
Prirodoslovno-matemati ki fakultet  
Biološki odsjek

Diplomski rad

REPRODUKTIVNI CIKLUS ŠKOLJKAŠA *Dreissena polymorpha* (PALLAS, 1771) U  
HIDROAKUMULACIJI AKOVEC

Tina Peni

Biološki odsjek  
Prirodoslovno-matemati ki fakultet  
Sveu ilište u Zagrebu  
Rooseveltov trg 6, Zagreb

Terenska istraživanja provedena su od svibnja do listopada 2006. godine. Primjenom klasi nih histoloških tehnika prou eni su razvojni stadiji gonada, a ra unalnom analizom slike LUCIA G 4,81 izmjeren je gonadni volumen, volumen probavne žlijezde i volumen ostalih tkiva utrobne vre e. Rezultati rada su pokazali da je u istraživanoj hidroakumulaciji omjer spolova 1:1. Iako je reproduktivni ciklus školjkaša uglavnom ujedna en, svi razvojni stadiji gonada najprije su uo eni kod ženki. U svibnju su gonade ve ine jedinki bile u stadiju pred mriještenje. Do mriještenja je došlo u lipnju i po etkom srpnja što je potvr eno porastom broja jedinki koje su bile u stadiju poslije mriještenja. Stadij mirovanja gonada uo en je kod manjeg broja ženki ve u kolovozu. Proces nove gametogeneze po eo je u rujnu i nastavio se tijekom listopada. Najviše vrijednosti gonadnog volumena i gonadnog indeksa utvr ene su u lipnju, a najniže u rujnu kad je najve i dio jedinki bio u stadiju mirovanja. Za razliku od gonada, vrijednosti volumena i indeksa probavne žlijezde bile su najniže u lipnju, a najviše u rujnu. Tijekom istraživanja utvr ena je i prisutnost endoparazita metilja.

(46 stranica, 23 slike, 11 tablica, 74 literaturna navoda, jezik izvornika: hrvatski)

Rad je pohranjen u Središnjoj biološkoj knjižnici

Ključne riječi: *Dreissena polymorpha* / reproduktivni ciklus / razvojni stadiji gonada / gonadni volumen / gonadni indeks / metilji

Voditelj: Dr. sc. Jasna Lajtner, doc.

Ocjenjiva i: Dr. sc. Jasna Lajtner, doc.  
Prof. dr. sc. Zdravko Dolenc, izv. prof.  
Prof. dr. sc. Božena Miti , izv. prof.

Rad prihva en: 30. lipnja 2010.

University of Zagreb  
Faculty of Science  
Department of Biology

Graduation Thesis

THE REPRODUCTIVE CYCLE OF THE ZEBRA MUSSEL *Dreissena polymorpha*  
(PALLAS, 1771) IN THE HYDROACCUMULATION AKOVEC

Tina Peni

Department of Biology  
Faculty of Science, University of Zagreb  
Rooseveltova trg 6, Zagreb

Field research was conducted from May to October 2006. Using conventional histological examination developmental stages of gonads were studied. Gonad volume, volume of the digestive gland and volume of other tissues of visceral mass were measured with computerized image analyses LUCIA G 4.81. The results showed that in the studied hydroaccumulation sex ratio was 1:1. Although the reproductive cycle of mussels generally synchronized, all the developmental stages of gonads were first observed in females. In May, the gonads of most individuals were at the prespawning stage. The spawning occurred in June and early July, which was confirmed by the increase in number of individuals which were at the postspawning stage. The stage of inactive gonads was observed in a small number of females in August. The process of new gametogenesis started in September and continued during October. The highest volume of gonads and gonad indices were determined in June, and the lowest in September when the most of the individuals were at the inactive stage of gonads. In contrast to the gonads, the values of volume and digestive gland indices were lowest in June and highest in September. During the research the presence of endoparasites trematoda was also identified.

( 46 pages, 23 figures, 11 tables, 74 references, original in: croatian)

Thesis deposited in the Central biological library

Key words: *Dreissena polymorpha* / reproductive cycle / gonad stages / gonad volume / gonad index / trematoda

Supervisor: Dr. Jasna Lajtner, Asst. Prof.

Reviewers: Dr. Jasna Lajtner, Asst. Prof.  
Dr. Zdravko Dolenc, Assoc. Prof.  
Dr. Božena Mitić, Assoc. Prof.

Thesis accepted: 30<sup>th</sup> June, 2010

## **SADRŽAJ**

<b>1. UVOD</b>	<b>1</b>
1.1. OSNOVNA OBILJEŽJA VRSTE	1
1.1.1. Vanjski izgled	1
1.1.2. Unutrašnja građa	2
1.1.3. Ekologija vrste	5
1.1.4. Zoogeografija vrste	10
1.2. CILJ ISTRAŽIVANJA	11
<b>2. MATERIJAL I METODE</b>	<b>13</b>
2.1. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA	13
2.2. SKUPLJANJE UZORAKA ŠKOLJKAŠA	14
2.3. IZRADA HISTOLOŠKIH PREPARATA	16
2.4. OBILJEŽJA GONADA	16
2.4.1. Razvojni stadij gonada	16
2.4.2. Indeks spolne zrelosti	17
2.4.3. Gonadni volumen	17
2.4.4. Gonadni indeks	18
2.5. STATISTIČKA OBRADA PODATAKA	18
<b>3. REZULTATI</b>	<b>19</b>
3.1. OMJER SPOLOVA	19
3.2. OBILJEŽJA GONADA	19
3.2.1. Razvojni stadij gonada	19
3.2.2. Indeks spolne zrelosti	28
3.2.3. Gonadni volumen	29
3.2.4. Gonadni indeks	33
3.3. METILJI	35
<b>4. RASPRAVA</b>	
4.1. ODNOS SPOLOVA	36
4.2. OBILJEŽJA GONADA	36
4.3. METILJI	38
<b>5. ZAKLJUČCI</b>	<b>39</b>
<b>6. CITIRANA LITERATURA</b>	<b>40</b>

## 1. UVOD

### 1.1. OSNOVNA OBILJEŽJA VRSTE

Školjkaš *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771) slatkovodna je vrsta koja se iz mora naselila u vode na kopnu. Prema Meunarodnom savezu za očuvanje prirode jedna je od 100 najopasnijih invazivnih vrsta na svijetu (Global Invasive Species Database, 2005). Također je i jedna od najdominantnijih vrsta u rijekama i jezerima Europe (Stanczykowska, 1977).

Sistematika vrste (Nuttall, 1990):

Carstvo: ANIMALIA

Koljeno: MOLLUSCA

Razred: BIVALVIA Linnaeus, 1758

Podrazred: HETERODONTA Neumayr, 1884

Red: VENEROIDA H. & A. Adams, 1856

Natporučica: DREISSENOIDEA Gray, 1840

Porodica: DREISSENIDAE Gray, 1840

Rod: *Dreissena* van Benden, 1835

*Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771)

#### 1.1.1. VANJSKI IZGLED

Školjka vrste *D. polymorpha* ima oblik trokuta izvedenog na različite načine (gr. *poly* – mnogo; *morphe* - oblik) pa otuda potječe hrvatski naziv raznolika trokutnja, a za ovu vrstu (Slika 1). Ljuštore su žuto-smeđe do sive boje prošarane tamnim linijama i prugama, pa je engleski naziv za navedenu vrstu zebra mussel. Prosječna duljina školjki iznosi 25-40 mm, visina 13-18 mm, a širina 16-23 mm.





**Slika 1.** Vanjski izgled vrste *D. polymorpha* (snimio I. Lajtner)

### 1.1.2. UNUTRAŠNJA GRAĐA

#### KOŽNI SUSTAV

Tijelo školjkaša obavijeno je plaštom, a unutar njega je plaštana šupljina s pripadaju im organima (Slika 2). U posteriornom dijelu tijela plašt je produžen u dvije kratke cijevi, sifone, koji se otvaraju u vanjsku okolinu.

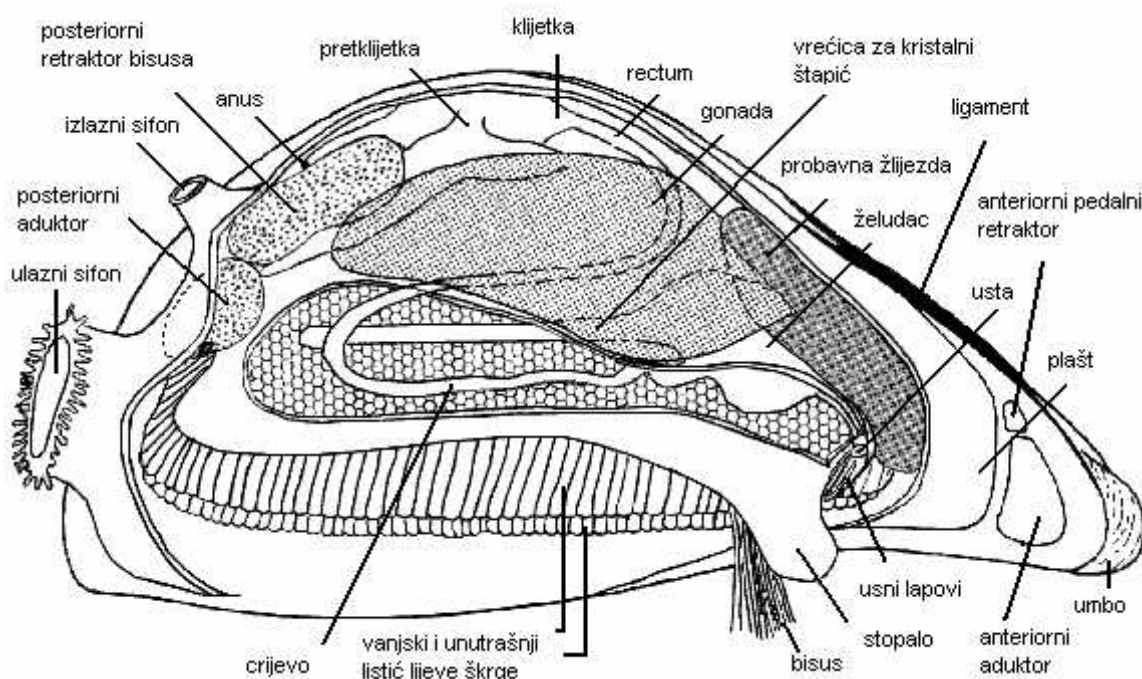
Na trbušnoj strani tijela smješteno je stopalo (Morton, 1969a, 1993) pomoću kojeg se životinja kreće. Pri bazi stopala je bisusna žlijezda koja luči sekret koji se u vodi skruti u dugačka žilava vlakna tzv. bisus (Morton, 1969a, 1993) koji služi za pričvršćivanje životinje za tvrdi podlogu (Slika 2).

#### MIŠIČNI SUSTAV

S unutranje strane na ljušturu su pričvršćeni anteriorni i posteriorni aduktor, anteriorni pedalni retraktor, posteriorni pedalni aduktor te anteriorni i posteriorni bisusni retraktor (Yonge i Campbell, 1968) (Slika 2). Između anteriornog pedalnog retraktora i posteriornog pedalnog aduktora smješten je pedalni elevator. Školjka se zatvara kontrakcijom anteriornog i posteriornog aduktora, a prestankom mišićne kontrakcije zatežu se ligamenti i školjka se otvara (Yonge i Campbell, 1968).

## DIŠNI SUSTAV

Vrsta *D. polymorpha* diše pomoću u parnih trepetljivih škrga koje se pružaju kroz cijelu plaštanu šupljinu (Morton, 1969a, 1993; Claudi i Mackie, 1993) (Slika 2). Velika površina škrga omogućuje laku izmjenu plinova, a osim toga, svojim sustavom trepetljika škrga i glavne organe za skupljanje hrane filtriranjem. Histološka je karakteristika svih dijelova tijela koji su unutar plaštane šupljine (osim stopala) da su pokriveni trepetljivim epitelom, a to je vrlo važno za hranjenje i disanje.



**Slika 2.** Unutrašnja građa vrste *D. polymorpha* (preuzeto od Claudi i Mackie, 1993)

## PROBAVNI SUSTAV

Školjkaši su filtriraju i organizmi (Morton, 1969b; Hinz i Scheil, 1972; Stanczykowska, 1977; Maclsaac i sur., 1992). Sitne estice promjera oko 0,05 mm, tjerane trepetljivkama dospiju u usta, a odavde u jednjak i želudac. Veće estice skupljaju se u uglovima krpastih usnih nastavka i povremeno se mišićima trzajima odbacuju na stijenke plašta. Tvari koje su skupljene filtriranjem pomoću hranidbenih struktura, a nisu ušle u

probavilo (pseudofekalije) izbacuju se kroz izlazni sifon u vanjsku okolinu. Hranidbene tvari iz usta kroz kratki jednjak do u u želudac. Želudac se sastoji od prostrane želu ane vre e i cjevastog želu anog nastavka. Šupljina želu anog cjevastog nastavka podijeljena je parnim naborima stijenki u dva kata. Donji kat izgra uje prolaz prema crijevu, a gornji je bogat žlijezdama i stvara galertasto-enzimatski štapi (kristalni štapi ). Kristalni štapi svojim okretanjem pomaže u miješanju sadržaja želu dca, te potiskuje estice hrane. Na želudac se nastavljaju srednje i stražnje crijevo.

Probavna žlijezda (žlijezda srednjeg crijeva) sastavljena je od velikog broja kanali a. Kanali i su gra eni od dviju vrsta stanica: trepetljikavih manjih i ve ih probavnih stanica. Vrsta *D. polymorpha* hrani se fitoplanktonom, zooplanktonom, detritusom i drugim organskim tvarima (Maclsaac i sur. 1991, 1992, 1995).

## OPTJECAJNI SUSTAV

Vrsta *D. polymorpha* ima otvoren optjecajni sustav. Na le noj strani životinje smješteno je trodijelno srce koje se sastoji se od dvije pretkljetke i jedne kljetke (Morton, 1969a) (Slika 2). Hemolimfa bogata kisikom iz škrge i plašta dolazi u pretkljetke, a potom i u kljetku. Iz kljetke hemolimfa mrežom žila odlazi prema tijelu. U hemolimfnim sinusima vrši se izmjena dišnih plinova, produkata metabolizma i hranjivih tvari izme u tjelesnih stanica i hemolimfe. Nakon toga hemolimfa se ponovno skuplja u žile i ide u škrge i plašt gdje se oksigenira.

## EKSKRECIJSKI SUSTAV

Vrsta *D. polymorpha* ima parne metanefridije gra ene u obliku cijevi U-oblika, a smještene izme u stražnjeg retraktora bisusa i stražnjeg aduktora. U stijenci perikarda smještena je perikardijalna žlijezda koja ima važnu ulogu u ultrafiltraciji hemolimfe te u procesima detoksikacije (Giamberini i Pihan, 1996).

Suvišna voda se iz tijela izbacuje putem metanefridija (Morton, 1969b). Proces ekskrecije zapo inje filtriranjem hemolimfe kroz perikardijalnu žlijezdu u šupljinu perikarda (Giamberini i Pihan, 1996). Iz perikarda, profiltrirana tekuna (tj. primarna mokra a), ulazi preko renoperikardijalnog otvora u proksimalni dio metanefridija. Tu se koncentrira i stvara se sekundarna mokra a. Mokra a se osloba a kroz nefridioporu u

suprabranhijalni prostor odakle se kroz izlazni sifon izbacuje van iz tijela školjkaša (McMahon, 1991).

## ŽIV ANI I OSJETILNI SUSTAV

Živ evlje je vrlo jednostavno i simetrično. Njegov središnji dio sastoji se od malog, parnog cerebralnog ganglija koji je srašten s pleuralnim ganglijem. Iz njega izlaze dvije konektive sa svake strane, od kojih jedna vodi prema pedalnom gangliju, a druga prema stražnjem dijelu na visceralni ganglij. Cerebralni ganglij inervira prednji dio tijela, prednji mišići zatvarača, prednji dio plašta, usne lapove i usta. Pedalni ganglij inervira stopalo, a visceralni stražnji mišići zatvarača, škрге, stražnji dio plašta te sifone.

Osjetne stanice posebno su brojne na rubu ulaznog i izlaznog otvora.

## RASPLODNI SUSTAV

Vrsta *D. polymorpha* razdvojenog je spola. Gonade su parne i smještene u utrobnjoj vreći (Morton, 1969a) (Slika 2). Sastoje se od folikula u kojima su razvojni stadiji gameta. Oocite su pri vršenju za zametni epitel dok ne postanu spono zrele. Zreli spermiji su karakteristično raspoređeni s bičevima usmjerenim prema lumenu folikula. Zrele gamete zajedno s vodom izbacuju se kroz izlazni sifon (Morton, 1993).

### 1.1.3. EKOLOGIJA VRSTE

#### ABIOTIČKI I EKOLOŠKI USLOVI

Vrsta *D. polymorpha* je primarno slatkovodna vrsta, međutim pronađena je i u obalnim vodama sa salinitetom do 8‰. Vrlo je otporna vrsta i može podnijeti različite nepovoljne uvjete kao što su gladovanje, isušivanje, vrlo niske i visoke temperature, velike razlike u količini otopljenog kisika i kalcija.

U Europi je temperaturni prag za rast ove vrste od 11 do 12 °C (Walz, 1978), za razmnožavanje i razvoj ličinki od 15 do 17 °C (Morton, 1969c; Stanczykowska, 1977; Lewandowski i Ejsmont-Karabin, 1983; Borcharding 1991; Sprung 1991). U Sjevernoj

Americi u Velikim jezerima temperaturni prag za gametogenezu je 10 °C, za rast je od 8 do 10 °C te 14 do 16 °C za razvoj li inke (Claudi i Mackie, 1993).

Koncentracija kalcija u vodi utječe na pojavu i širenje raznolike trokutnja e. Ovi školjkaši ne mogu preživjeti ako je koncentracija kalcija niska jer je kalcij važan sastavni dio školjke (Claudi i Mackie, 1993). Koncentracija od 28 do 109 mg/l u jezerima osigurava uspješan razvoj ove vrste (Stanczykowska, 1977).

Najniža vrijednost pH za preživljavanje odraslih školjkaša je 6,5, a za li inke 6,9 (Claudie i Mackie, 1994). Za razmnožavanje ta vrijednost iznosi 7,4, a za pozitivan rast školjkaša iznad 8,3 (Hincks i Mackie, 1997).

Za razmnožavanje i rast raznolike trokutnja e bitan imbenik je i koli ina otopljenog kisika. Ova vrsta može podnijeti velike razlike u koli ini kisika, a nekoliko dana može preživjeti i u anaerobnim uvjetima (Matthews i McMahon, 1999). Ovi školjkaši mogu preživjeti ak i ako je zasi enje kisika samo 25 % (Karatayev i sur. 1998).

Budu i da je vrsta *D. polymorpha* filtriraju i organizam brzina strujanja vode bitan je imbenik za njezin rast. Osim toga, zbog pri vrš ivanja na tvrde podloge ova vrsta izbjegava mjesta s velikom brzinom protjecanja.

Vrsta *D. polymorpha* živi pri vrš ena na vrstima prirodnim (kamenje, stijene, grane drve a) i umjetnim (plastika, staklo, guma, metal) podlogama. Može biti pri vrš ena na vodene makrofite (Karatayev i sur., 1998) te na vodene beskralješnjake (Carlton, 1993). Oblik ljuštura i bisusne niti idealna su podloga za sesilni na in života (Claudi i Mackie, 1993).

## BIOTI KIEKOLOŠKI IMBENICI

### *PREDATORI*

Vrsta *D. polymorpha* ima visoku nutritivnu vrijednost (60,7 % proteina, 12 % masti, 19 % ugljikohidrata) (Cleven i Frenzel, 1992). Ta vrijednost mijenja se sezonski. Glavni predatori su ribe, ptice i rakovi.

Li inkama školjkaša hrani se deset europskih i pet sjevernoameri kih vrsta riba (van der Velde i sur., 1994; Limburg i Ahrend, 1994; Molloy i sur., 1997). Odraslim jedinkama ove vrste hrani se 38 ribljih vrsta. U Sjevernoj Americi najbolje prou en

predator je vrsta *Aplodinotus grunniens* (French i Bur, 1993), a u Europi bodorka (*Rutilus rutilus*) (Martyniak i sur., 1987).

Ptice su me u najbolje istraženim predatorima ove vrste. Ukupno 36 vrsta vodenih ptica hrani se odraslim jedinkama ovog školjkaša. Pet vrsta pataka (*Aythya fuligula*, *A. ferina*, *A. marila*, *A. affinis*, *Bucephala clangula*) i liska (*Fulica atra*) najbolje su istraženi predatori vrste *D. polymorpha* (Molloy i sur., 1997).

Tri skupine rakova (veslonošci, riječni rakovi i rakovice) poznate su kao predatori vrste *D. polymorpha*.

### PARAZITI

Najčešći paraziti koje imaju odrasli školjkaši su trepetljikaši i metilji. Priroda odnosa između trepetljikaša i domadara kreće se od komenzalizma do parazitizma (Bradbury, 1994). Kao paraziti kod vrste *D. polymorpha* pronađeno je ukupno sedam vrsta metilja (Conn i Conn, 1995; Molloy i sur., 1997; Lajtner i sur., 2008). Inficirana metiljima ova vrsta ima i do jedne trećine manju suhu težinu od zdrave jedinke, zbog otežanog hranjenja i disanja uzrokovanog prisutnošću u sporocista u škrgama (Molloy i sur., 1997). Osim toga, dokazan je i negativan utjecaj na rasplodni sustav jer su gonade jedno od primarnih mjesta infekcije (Lajtner i sur., 2008).

### EKOLOŠKI KOMPETITORI

Budući da odrasla jedinka živi pri vršenju na podlogu, njeni glavni ekološki kompetitori su spužve (Spongia), obrubnjaci (Hydrozoa), mahovnjaci (Bryozoa) i drugi školjkaši (Molloy i sur., 1997). Osim za prostor navedeni organizmi su i u kompeticiji za hranu (Molloy i sur., 1997).

### ŽIVOTNI CIKLUS

Raznolika trokutnja je netipična vrsta slatkovodnih školjkaša, jer se razvija iz slobodno plivajućih veligerliinke, koja je inače karakteristična za morske školjkaše.

Životni ciklus vrste *D. polymorpha* može se podijeliti u tri dijela: ličinka,

juvenilni i adultni stadij (Ackerman i sur., 1994; Claudi i Mackie, 1994). Li inka veliger razvija se u planktonu, a juvenilne i adultne jedinke pri vrš ene su za podlogu.

Adultne jedinke postaju spolno zrele ve tijekom prve godine života, kad su prosje no duge 8 do 10 mm (Mackie i sur., 1989). Razvoj spolnih stanica po inje u kasnu jesen, nastavlja se tijekom zime, a u prolje e dolazi do naglog rasta jajnih stanica i spermija (Pathy, 1994; Gist i sur., 1997).

Jedna od glavnih prednosti za brzo naseljavanje ove vrste je jako visok fekunditet. Ženka godišnje može producirati ak 1 500 000 jaja (Borcherding, 1991; Neumann i sur., 1993, Lajtner, 2005). Broj spermija koje stvaraju mužjaci kre e se oko deset bilijuna (Sprung, 1991). Jaja i spermiji po inju se osloba ati kad temperatura vode pre e 12 °C (Borcherding, 1991), no idealna temperatura za mriještenje je od 15 do 17 °C (Pathy, 1994; Claudi i Mackie, 1994).

Mriještenje se obi no doga a u svibnju i lipnju, no u jezeru Erie (Velika jezera) mriještenje po inje u svibnju i traje do kasnog listopada (Pathy, 1994). Oplodnja je vanjska, a smatra se da je temperatura glavni imbenik koji dovodi do osloba anja gameta. Oplo ena jajna stanica prolazi embrionalni razvoj koji uklju uje spiralno brazdanje, blastulaciju i gastrulaciju (Ackerman i sur., 1994). Iz gastrule se kroz 6 do 20 sati, što ovisi o temperaturi vode, razvija slobodno plivaju a li inka trohofora koja ubrzo prelazi u veliger li inku. Iz nje se razvija pediveliger li inka koja se po inje spuštati prema dnu gdje se bisusnim nitima pri vrš uje za vrste podloge. Iz pediveliger li inke daljnjim procesom preobrazbe nastaje postveliger li inka koja predstavlja prelazni oblik prema juvenilnim školjkašima. Vrijeme potrebno da se iz oplo enog jajeta razvije juvenilna jedinka ovisi o temperaturi vode i može trajati od 8 do 240 dana (Ackerman i sur., 1994).

Populacije odraslih školjkaša su najguš e u jezerima u litoralnoj i sublitoralnoj zoni na dubini od 2 do 12 metara (Stanczykowska, 1977). Na oba kontinenta populacije postižu maksimum gusto e nakon 5 godina od pojavljivanja u nekom vodenom ekosistemu (Stanczykowska, 1977; Mackie i Schloesser, 1996). U Štetinskom jezeru (Poljska) utvr ena je gusto a od 114.000/m<sup>2</sup>, što je iznosilo 87,7% sveukupne biomase faune dna (Wiktor, 1963). Na umjetno postavljenim betonskim podlogama u akumulacijskom jezeru Dubrava, na dubini od 5 metara, zabilježena je gusto a od 164.408 jedinki/m<sup>2</sup> (Erben i sur., 2000).



## UTJECAJI VRSTE

Raznolika trokutnja a nije samo izuzetno agresivna invazivna vrsta koja ubrzo postaje dominantna u novom prostoru, ve je i vrlo u inkovit „inženjer ekosustava“ mijenjaju i okoliš koji zauzme. „Inženjer ekosustava“ je vrsta koja direktno ili indirektno kontrolira dostupnost resursa drugim organizmima uzrokuju i fizi ke promjene stanja bioti kih i abioti kih imbenika okoliša (Jones i sur., 1994). Ovi školjkaši uzimaju velike koli ine fitoplanktona iz vode i na taj na in oduzimaju hranu zooplanktonu (Leach, 1993; Nichols i Hopkins, 1993; Fahnenstiel i sur., 1995a, b; Karatayev i sur., 1997; Bastviken i sur., 1998). Vrsta *D. polymorpha* filtracijom pove ava prozirnost vode i smanjuje koli inu planktonskih algi (Mellina i sur. 1995). Haag i sur. (1993) utvrdili su da ova vrsta smanjuje preživljavanje i kondiciju autohtonih vrsta školjkaša u jezeru Erie. Osim toga, *D. polymorpha* obrasta benti ke beskralježnjake i onesposobljuje njihove normalne aktivnosti kao što su kretanje i hranjenje (Mackie, 1991).

Ova invazivna vrsta svojim bisusnim nitima pri vrš uje se na dna brodova, motore, ribarske mreže, dokove. Tako er, za epljuje cjevovode smanjuju i njihov volumen (Slika 3), pa tako utje e i na snabdijevanje vodom, uzrokuje koroziju cijevi, te neugodan miris i okus vode svojim metaboli kim procesima i odumiranjem (Claudi i Mackie, 1993). Negativan utjecaj ova vrsta školjkaša ima i na plažama na kojima se talože prazne ljuštore koje su tanke i oštre i mogu izazvati ozljede stopala.



**Slika 3.** Obraštaj vrste *D. polymorpha* unutar vodovodnih cijevi

([www.pastthemoon.com/.../08/mussels\\_in\\_pipe.jpg](http://www.pastthemoon.com/.../08/mussels_in_pipe.jpg))



#### 1.1.4. ZOOGEOGRAFIJA VRSTE

Za vrijeme pliocena vrsta *D. polymorpha* imala je širok areal u centralnoj Europi i duž rijeke Volge. Nakon zadnjeg ledenog doba gotovo je u potpunosti nestala, a zadržala se samo na području Crnog i Azovskog mora, te Kaspijskog jezera (Wiktor, 1963). U posljednja dva stoljeća proširila se po gotovo itavoj Europi (Morton, 1969c; Stanczykowska, 1977).

Godine 1985. pojavila se u Sjevernoj Americi, u Velikim jezerima (Hebert i sur., 1989). Smatra se da je tamo došla balastnim vodama iz preoceanskih brodova.

Do siječnja 2007. raznolika trokutnja vrsta je utvrđena u svim Velikim jezerima. Johnson i sur. (2006) utvrdili su da je vrhunac invazije bio u periodu od 1993. do 1995. godine te 1998. godine.

Osim vrste *D. polymorpha* u Sjevernu Ameriku se iz Europe proširila još jedna vrsta iz porodice Dreissenidae. Vrsta *Dreissena bugensis* prvi puta je pronađena 1989. godine u kanalu jezera Erie, ali tek je 1991. utvrđeno da se radi o drugoj vrsti (May i Marsden 1992). Danas je ta vrsta dominantnija u mnogim područjima SAD-a u odnosu na vrstu *D. polymorpha*.

Najstariji podatci o vrsti *D. polymorpha* na području Republike Hrvatske potječu iz 19. stoljeća. Naime, nekoliko praznih ljuštura je pronađeno na dubrovačkom području kamo je rijekom Bojanom i morskim strujama pristigla iz Skadarskog jezera. Sedamdesetih godina prošlog stoljeća istraživanja su pokazala da je najzapadnija točka njenog rasprostranjenja ispod ušća rijeke Drine u rijeku Savu (Matonić i sur., 1975). Krajem 20. stoljeća ova se vrsta iz Dunava naglo počela širiti u Republici Hrvatskoj. Tako je početkom devedesetih godina prošlog stoljeća pronađena na nekoliko lokaliteta u rijeci Dravi kod Pitomače (Lajtner i Klobur, 1996). U akumulacijskom jezeru hidroelektrane Dubrava (kod Preloga) pojavila se krajem osamdesetih godina prošlog stoljeća (Mišetić i sur., 1991). Proces njenog širenja uzvodno nastavljen je i dalje tako da je do danas pronađena u akumulacijskim jezerima hidroelektrana Rakovec i Varaždin (Mrakov i sur., 2003; Lajtner i sur., 2004). Godine 1990. ova je vrsta pronađena u jezeru Vinski-Lingi kod Koprivnice (Kranjčević, 1993; 1996), a 2002. godine otkrivena je i u jezeru Jarun u Zagrebu (Lajtner i sur., 2005). U parku prirode Kopački rit pronađena je 2003. godine (Lajtner i sur., 2005).

## 1.2. CILJ ISTRAŽIVANJA

Slatkovodni školjkaš, *D. polymorpha* jedna je od najagresivnijih invazivnih vrsta na svijetu koja u Europi i posebno Sjevernoj Americi stvara velike štete u crpilištima vode, ribarskim brodovima i na hidro i termoelektranama. Obraštaj ove vrste u Sjevernoj Americi uzrokuje materijalnu štetu u milijunima dolara godišnje (Morton, 1997).

Životni ciklus koji uključuje slobodno plivaju u veliger li inku, ina e karakteristi nu za morske školjkaše, omogu uje im sposobnost invazije i dominacije u novom prostoru. Kad jednom zauzmu neko podru je, njihove populacije mogu rasti jako brzo i njihova ukupna biomasa može deset puta premašiti biomasu svih autohtonih benti kih beskralješnjaka (Karatayev i sur., 1994).

Prisutna je u cijelom toku hrvatskog dijela Drave i Dunava. Zbog iznimno velike plodnosti istiskuje autohtone vrste školjkaša, filtracijom planktona smanjuje koli inu hrane drugim vrstama te svojom aktivnoš u mijenja sastav i strukturu zajednice rije nog dna. Uzrokuje velike probleme u ljudskim aktivnostima jer može u kratkom roku za epiti ili pokriti velike površine raznih struktura, kao što su cijevi elektrana ili komunalnih sustava.

Guste populacije ove vrste prona ene su u sustavu hidroelektrane akovec (Mrakov i i sur., 2003) koja je izgra ena na rijeci Dravi i u pogonu je od 1982. godine. Školjkaši su osim u hidroakumulaciji prona eni i u dovodnim kanalima, na metalnim i betoniranim dijelovima brane, ali i u strojarnici hidroelektrane (Erben i sur., 2007). Poznato je da ova vrsta ima velik reproduktivni potencijal što je jedna od glavnih karakteristika i prednosti neke invazivne vrste u novom ekosistemu.

Za istraživanje reproduktivnog ciklusa vrste *D. polymorpha* u hidroakumulaciji akovec postavljani su slijede i ciljevi istraživanja:

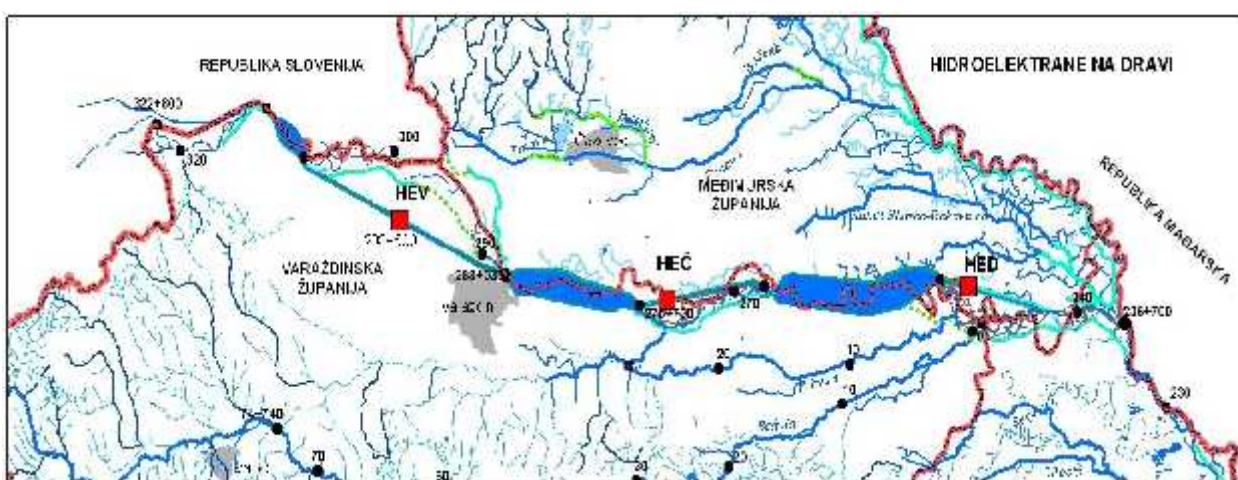
1. Pra enjem razvojnih stadija gonada utvrditi u kojoj je mjeri sinhroniziran proces sazrijevanja gonada kod mužjaka i ženki.
2. Utvrditi omjer spolova u prou avanoj populaciji školjkaša.
3. Utvrditi postoji li povezanost vrijednosti temperature vode hidroakumulacije i procesa razvoja gonada.

4. Korištenjem računalnog programa LUCIA G 4.81 izrađeni i uspoređeni vrijednosti gonadnog volumena s vrijednostima volumena probavne žlijezde i volumena ostalih tkiva utrobne vreće po mjesecima i među spolovima.
5. Izrađeni i uspoređeni vrijednosti gonadnog indeksa s vrijednostima indeksa probavne žlijezde i indeksa ostalih tkiva utrobne vreće po mjesecima i među spolovima.
6. Poznato je da je vrsta *D. polymorpha* domaćar za brojne parazite pa je jedan od ciljeva rada bio utvrditi njihovu eventualnu prisutnost u pojedinim jedinkama školjkaša.

## 2. MATERIJAL I METODE

### 2.1. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA

Rijeka Drava ima velik hidropotencijal, pa su na njoj uzvodno od Donje Dubrave izgrađene 22 hidroelektrane od čega jedanaest u Austriji, osam u Sloveniji i tri u Hrvatskoj: HE Varaždin (u pogonu od 1975. godine), HE Rakovec (u pogonu od 1982. godine), HE Dubrava (u pogonu od 1989. godine) (Slika 4).



Slika 4. Hidroelektrane na rijeci Dravi

([www.gradri.hr/adminmax/files/class/stara%20korita%20he.pdf](http://www.gradri.hr/adminmax/files/class/stara%20korita%20he.pdf))

Hidroelektrana Rakovec derivacijskog je tipa i sastoji se od akumulacijskog jezera, obodnih kanala, brane, dovodnog kanala, strojarnice i odvodnog kanala.

Fizikalno–kemijske i mikrobiološke pokazatelje u hidroakumulaciji Rakovec tijekom 2006. godine detaljno je izmjerila i obradila Tarnik (2008). Svi mjereni pokazatelji kreću se u granicama koje vrijede za oligo do mezotrofna jezera (Tablica 1). Hidroakumulacija Rakovec je znatno plića od hidroakumulacije Dubrava pa miješanje svih slojeva vode omogućuje opskrbu fitoplanktonom i hranjivim solima u cijelom vertikalnom stupcu. Vrijednosti temperature, pH, zatim biološka i kemijska potrošnja kisika potvrdile su da je kvaliteta vode zadovoljavajuća za razvitak školjkaša. Otopljenog kisika bilo je dovoljno, a vrijednosti zasićenja kisikom uglavnom su prelazile 100 %. Koncentracija kalcija te ukupna tvrdoća vode bile su u optimalnim granicama vrijednosti potrebnih za

doobar rast i razmnožavanje školjkaša. Vrijednosti klorofila *a* u svibnju su bile u granicama vrijednosti za oligotrofna jezera. U srpnju i kolovozu izmjerene vrijednosti pokazivale su da se radi o mezo do umjereno eutrofnom jezeru.

**Tablica 1.** Fizikalno-kemijski i mikrobiološki pokazatelji u hidroakumulaciji akovec (prema Tarnik, 2008).

datum	17. 5. 2006.			5. 7. 2006.			30. 8. 2006.		
	2 m	5 m	7 m	2 m	5 m	7 m	2 m	5 m	7 m
temperatura/t °C	17,60	15,70	15,10	27,10	20,10	19,10	14,10	17,60	17,40
prozirnost vode/m	1,80	1,80	1,80	1,00	1,00	1,00	0,80	0,80	0,80
pH	8,09	8,06	8,03	8,04	8,04	7,97	8,08	8,07	8,10
BPK <sub>5</sub> /mg/l O <sub>2</sub>	2,19	1,49	1,52	2,96	2,97	2,03	1,58	0,10	0,54
KPK/ mg/l O <sub>2</sub>	11,40	8,40	6,60	8,40	8,40	6,60	3,60	7,80	7,80
ukupna tvrdoća /d°H	7,84	7,62	7,62	6,27	6,04	6,04	7,39	7,39	7,62
KMnO <sub>4</sub> / mg/l O <sub>2</sub>	1,82	1,58	1,98	1,26	1,58	1,50	1,58	1,50	1,58
kisik/ mg/l O <sub>2</sub>	11,25	10,94	9,96	9,42	9,56	9,25	8,30	8,06	9,42
saturacija/ %	115,50	109,94	98,12	106,68	104,25	98,93	87,00	84,49	98,70
Ca/ mg/l	33,63	33,63	33,63	32,03	33,63	35,23	33,63	36,84	33,63
klorofil-a	-	0,547	-	-	9,708	-	-	3,945	-

## 2.2. SKUPLJANJE UZORAKA ŠKOLJKAŠA

Skupljanje odraslih školjkaša provedeno je u razdoblju od svibnja do listopada 2006. godine uz lijevu obalu hidroakumulacije akovec (Slika 5). Budući da su školjkaši bisusnim nitima u vršeni za podlogu i da je skupljanje provedeno na dubini od 3 m, uzorkovanje su obavili ronionici kluba podvodnih aktivnosti „Drava“ iz Varaždina (Slika 6). Uzorak obrađuje školjkaša pažljivo je sastrugan s podloge, prebačen u mrežu i izvađen iz vode. Prilikom svakog uzorkovanja izmjerena je temperatura vode.

Uzorci školjkaša do laboratorija su preneseni u plasti nim posudama s jezerskom vodom. Zatim su preba eni u akvarije s proto nom dekloriranom vodom i prozra ivanjem. Dan nakon dolaska s terena jedinke su obra ene histološkim tehnikama.



**Slika 5.** Hidroakumulacija rakovec. Strelica prikazuje mjesto uzorkovanja školjkaša (<http://earth.google.com/>)



**Slika 6.** Sakupljanje školjkaša u hidroakumulaciji rakovec (snimio I. Lajtner)



### 2.3. IZRADA HISTOLOŠKIH PREPARATA

Za histološku obradu odabrano je 10 školjkaša, odnosno ukupno 60 školjkaša tijekom istraživanog perioda. Školjkaši su najprije izmjereni (duljina, širina, visina školjke). Prilikom odabira pazilo se da jedinke budu približno iste duljine (26,00 mm) kako se ne bi trebala raditi naknadna standardizacija uzorka. Sva morfometrijska mjerenja obavljena su pomicanjem mjernikom s točnošću u mjerenja 0,1 mm.

Nakon morfometrijskih mjerenja slijedilo je otvaranje školjke skalpelom. Utrobna vreća (u kojoj se nalaze gonade, crijevo, probavna žlijezda, bubrežna žlijezda, stopalo i dio mišića i aduktora) pažljivo je odvojena od ostalih tkiva (škrge, plašt, srce, bubreg, dio mišića i aduktora). Nakon toga uzorci su fiksirani u Bouinovu fiksativu 24 sata. Slijedilo je ispiranje u 75 %-tnom etanolu slijedeće 24 sata. Potom su uzorci tkiva dehidrirani kroz niz alkohola rastu ih koncentracija: 80 %, 96 %, 96 %, 100 % i 100 %-tni etanol. Tkivo je stajalo u svakom alkoholu po jedan sat i potom prebačeno u kloroform i ostavljeno preko noći. Slijedeći dan je izvršen uklop u Paraplast Plus.

Preparati su rezani na mikrotomu, model Reichert. Ukupno je izrezano 20 preparata po životinji, a rezovi su bili debljine 10 µm. Nakon deparafiniranja u ksilolu, alkoholu padaju ih koncentracija i destiliranoj vodi preparati su obojeni standardnim metodama za histomorfološku analizu (hemalaun-eozin bojanje) (Romeis, 1968; Švob, 1974). Poslije bojenja slijedilo je dehidriranje uzoraka tkiva kroz niz alkohola rastu ih koncentracija i ksilol. Nakon dehidracije preparati su uklopljeni u kanada balzam.

### 2.4. OBILJEŽJA GONADA

#### 2.4.1. RAZVOJNI STADIJ GONADA

Preparati su pregledani na mikroskopu Olympus CX21, uz ukupno povećanje mikroskopa od 40, 100, 200 i 400x. Ukupno je analizirano 600 preparata i procijenjeno je stanje gonada. Osim toga, zabilježena je prisutnost metilja u gonadama kao i u ostalim organima utrobne vreće.

Za procjenu razvojnih stadija gonada odabrani su kriteriji prema Gisti i sur. (1997) gdje je: 0 - stadij mirovanja; 1 - gametogeneza; 2 - stadij pred mriještenje; 3 - stadij poslije mriještenja (Tablica 2). Također je utvrđeno omjer mužjaka i ženki.

**Tablica 2.** Kriteriji za određivanje razvojnih stadija gonada školjkaša *D. polymorpha* (prema Gist i sur., 1997).

Stanje	Sjemenik	Jajnik
0 mirovanje	Atrofirani i prazni tubuli; nekoliko manjih spermatogonija s malo citoplazme na rubu tubula.	Atrofirani i prazni tubuli; nekoliko oogonija (većih od spermatogonija) prisutno na rubu folikula zajedno s folikularnim stanicama.
1 gametogeneza	Tubuli ispunjeni nediferenciranim, homogenim stanicama kružno raspoređenim od centra ili vakuoliziranim	Male (<40 μm) oocite pri vršenju za stijenku tubula. Velike oocite (>40 μm) nisu prisutne
2 pred mriještenje	Spermatide, združene u strukture slične resicama, pružaju se u lumen tubula; spermatocite smještene na rubu tubula; prisutne neke mejotičke figure.	Velike (>40 μm), nepri vršenju oocite u lumenu tubula brojnije su od malih oocita pri vršenju za stijenku tubula; jezgra povećana
3 poslije mriještenja	Spermiji, s repi ima, pri vršenju u resicama slične strukture i slobodni u lumenu, resice odvojene od donjeg zametnog sloja; nisu prisutne mejotičke figure.	Povećani tubuli sadrže mnogo malih (<40 μm) pri vršenju oocita (reduciranih ili ih nema na kraju sezone); nekoliko velikih (>40 μm) slobodnih oocita u lumenu tubula.

#### 2.4.2. INDEKS SPOLNE ZRELOSTI

Za svaki spol pojedinačno je izrađan indeks spolne zrelosti kao srednja vrijednost procijenjenog stanja gonada.

#### 2.4.3. GONADNI VOLUMEN

Kod školjkaša poseban problem predstavlja kvantificiranje veličine gonada jer je jajnike i sjemenike nemoguće izdvojiti od ostalih organa utrobne vreće. Stoga je za mjerenje gonadnog volumena primijenjena posebna kvantitativna i kvalitativna analiza prema Borcharding (1990). Deset presjeka po životinji snimljeno je digitalnim foto aparatom OLYMPUS C 4040 pri vršenju na lupu OLYMPUS SZ 40, kako bi cijeli transverzalni presjek stao u vidno polje. Nakon toga, slike su analizirane na računaru uz prethodnu kalibraciju. Površina koju zauzima gonada, odnosno površina utrobne vreće



mjerena je primjenom računalnog programa LUCIA G 4.81. Osim gonada izmjerena je i površina probavne žlijezde te površina ostalih tkiva utrobne vreće. Ukupno je analizirano 600 slika.

Volumen utrobne vreće i gonadni volumen izrađeni su prema slijedećim formulama:

*volumen utrobne vreće (mm<sup>3</sup>) = srednja vrijednost površine utrobne vreće (mm<sup>2</sup>) x duljina utrobne vreće (mm)*

*gonadni volumen (mm<sup>3</sup>) = srednja vrijednost površine gonada (mm<sup>2</sup>) x duljina utrobne vreće (mm)*

Na isti način su izrađeni volumeni probavne žlijezde i ostalih tkiva utrobne vreće.

#### 2.4.4. GONADNI INDEKS

Gonadni indeks (GI) izrađeni su prema Borcharding (1990):

$$GI = \frac{\text{gonadni volumen (mm}^3\text{)}}{\text{volumen utrobne vreće (mm}^3\text{)}} \times 100$$

Na isti način su izrađeni indeksi probavne žlijezde i indeksi ostalih tkiva utrobne vreće.

#### 2.5. STATISTIČKA OBRADA PODATAKA

Sve mjerene vrijednosti prikazane su kao srednje vrijednosti  $\pm$  standardna devijacija. Duljina utrobne vreće, gonadni volumeni i gonadni indeksi za mužjake i ženke uspoređeni su neparametrijskim Wilcoxonovim testom sume rangova. Na isti su način uspoređeni i volumeni probavne žlijezde i ostalih tkiva utrobne vreće te njihovi indeksi.

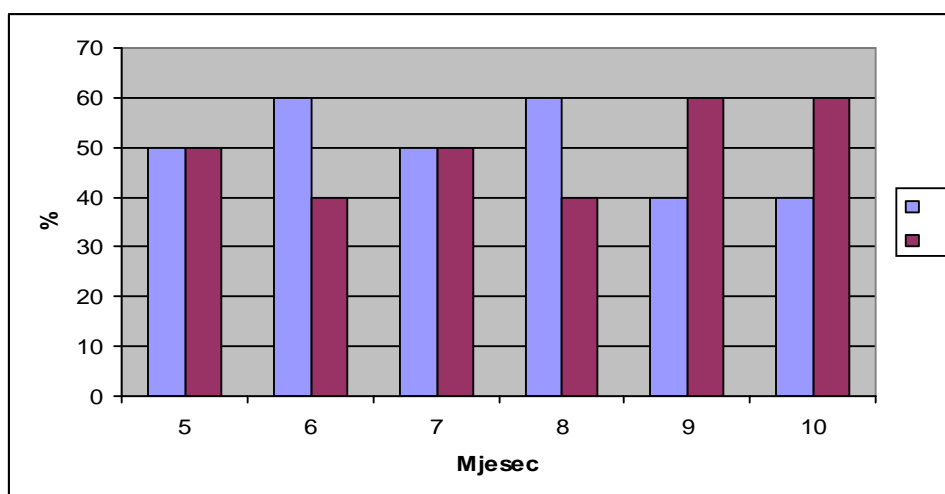
Rezultati su interpretirani na 5 % toj razini značajnosti ( $p < 0,05$ ). Za statističku analizu korišten je programski paket SAS® System, verzija 8.2, pod Windows okruženjem.

### 3. REZULTATI

Proučavanjem histoloških preparata analizirala sam ukupno 60 jedinki vrste *Dreissena polymorpha* iz hidroakumulacije akovec, odnosno 10 jedinki mjesečno u razdoblju od svibnja do listopada 2006. godine.

#### 3.1. OMJER SPOLOVA

Omjer spolova istraživanih školjkaša u hidroakumulaciji bio je 1:1 (30 mužjaka i 30 ženki), a dvospolci nisu utvrđeni. Na Slici 7 prikazan je omjer spolova po mjesecima.



Slika 7. Omjer spolova školjkaša *D. polymorpha* po mjesecima

#### 3.2. OBILJEŽJA GONADA

Razvojni stadiji gonada, indeks spolne zrelosti, analiza gonadnog volumena i gonadni indeks analizirani su na ukupno 600 histoloških preparata (10 po jedinki).

##### 3.2.1. RAZVOJNI STADIJ GONADA

Reproduktivni ciklus raznolike trokutnja e proučavan je kroz šest mjeseci (svibanj, lipanj, srpanj, kolovoz, rujna i listopada) (Slike 8 do 19).

U svibnju je ve ina jedinki bila u stadiju pred mriještenje. Samo mali udio jedinki bio je u stadiju kasne gametogeneze (Slike 9 i 15). Kod mužjaka u stadiju 2 (pred mriještenje) spermatide se pružaju u lumen tubula, a spermatocite su smještene uz rub tubula (Slike 10 i 11). Kod ženki su velike, nepri vrš ene oocite u lumenu tubula brojnije od malih oocita pri vrš enih za stijenku tubula (Slike 16 i 17).

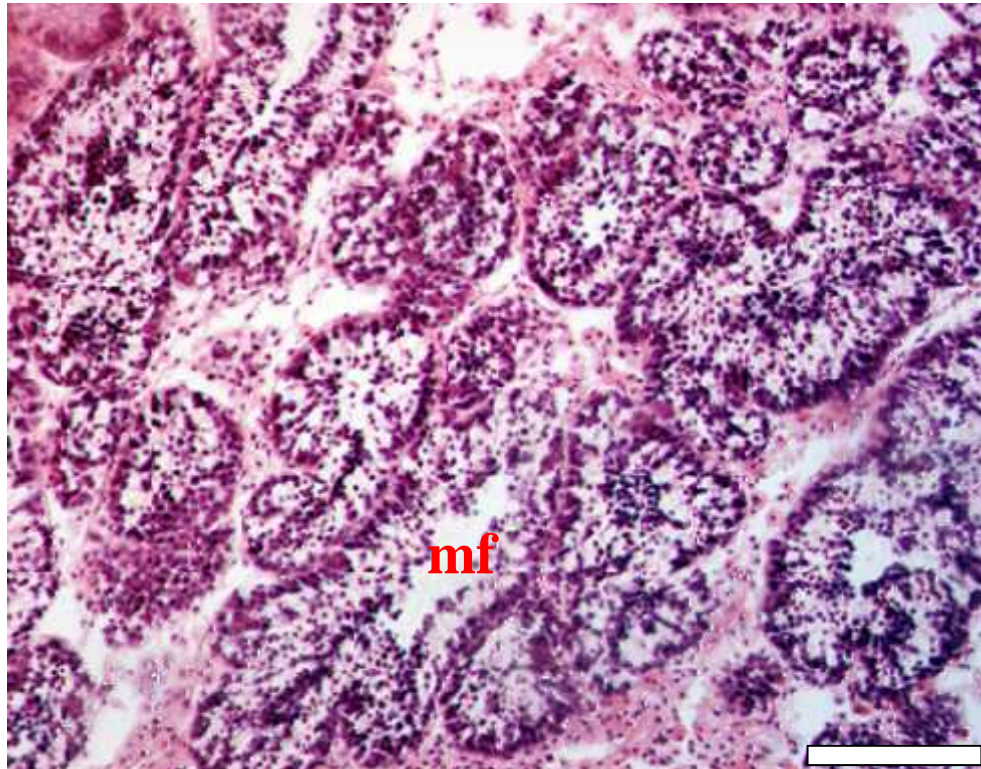
U lipnju je 87.5 % mužjaka bilo u stadiju pred mriještenje i 12.5 % u stadiju kasne gametogeneze. U istom mjesecu 58 % ženki je bilo u stadiju pred mriještenje, a 42 % u stadiju nakon mriještenja. U stadiju nakon mriještenja (gonadni stadij 3), u tubulima sjemenika nalaze se spermiji s repi ima, pri vrš eni u resicama sli ne strukture i slobodni u lumenu (Slika 12). Kod ženki se u lumenu tubula nalazi nekoliko slobodnih velikih oocita dok je mnogo malih oocita pri vrš eno za stijenku tubula (Slika 18).

Sve ženke su u mjesecu srpnju bile u stadiju nakon mriještenja, dok je 30 % mužjaka bilo u stadiju pred mriještenje, a ostatak u stadiju poslije mriještenja.

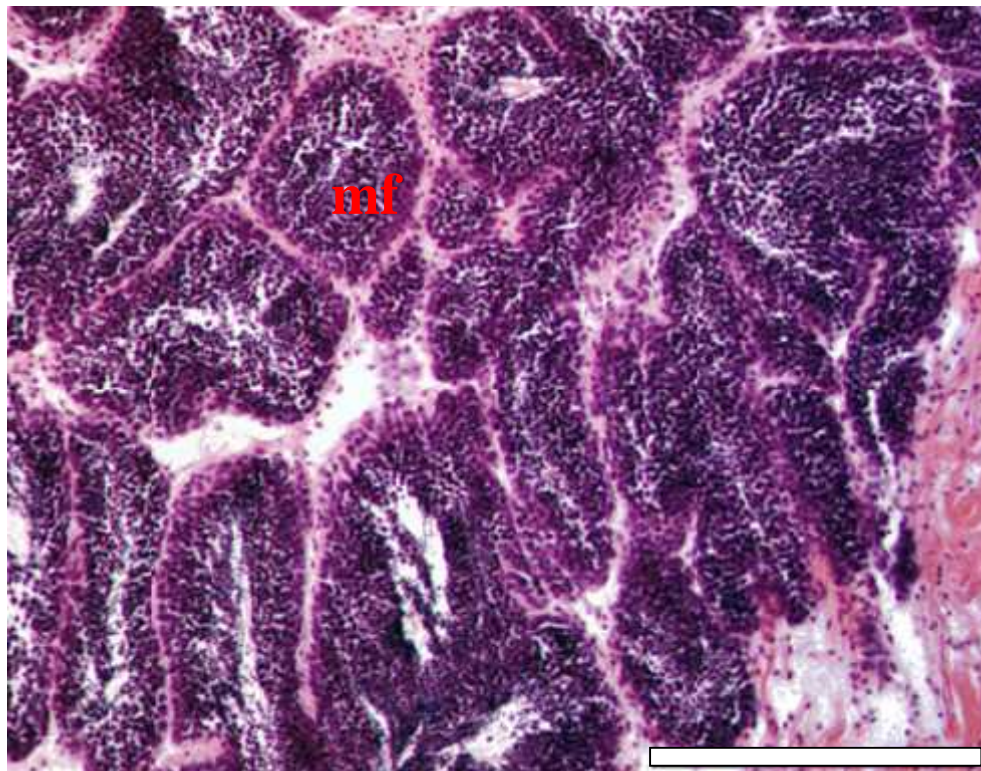
U kolovozu je ve ina mužjaka bila u stadiju nakon mriještenja, a samo mali udio pred mriještenje. Ženke su bile u stadiju poslije mriještenja, a samo mali postotak (10 %) u stadiju mirovanja. Stadij mirovanja (gonadni stadij 0) karakteriziran je atrofiranim i praznim tubulima sjemenika u kojima se uo ava nekoliko manjih spermatogonija s malo citoplazme. Atrofirani i prazni tubuli s nekoliko oogonija prisutni su na rubu folikula zajedno s folikularnim stanicama.

U rujnu su svi mužjaci bili u stadiju mirovanja (Slika 13). Najve i dio ženki, 87.5 %, u rujnu je tako er bio u stadiju mirovanja, a 12.5 % je bilo u stadiju rane gametogeneze (Slika 14). Stadij gametogeneze (gonadni stadij 1) karakteriziraju tubuli jajnika ispunjeni malim oocitama pri vrš enim za stijenku tubula, te tubuli sjemenika ispunjeni nediferenciranim, homogenim stanicama koje su kružno raspore ene od centra ili su vakuolizirane.

U listopadu 17 % mužjaka bilo je u stadiju mirovanja, a 83 % u stadiju rane gametogeneze (Slika 8). Ve ina ženki (87.5 %) bila je tako er u stadiju rane gametogeneze.

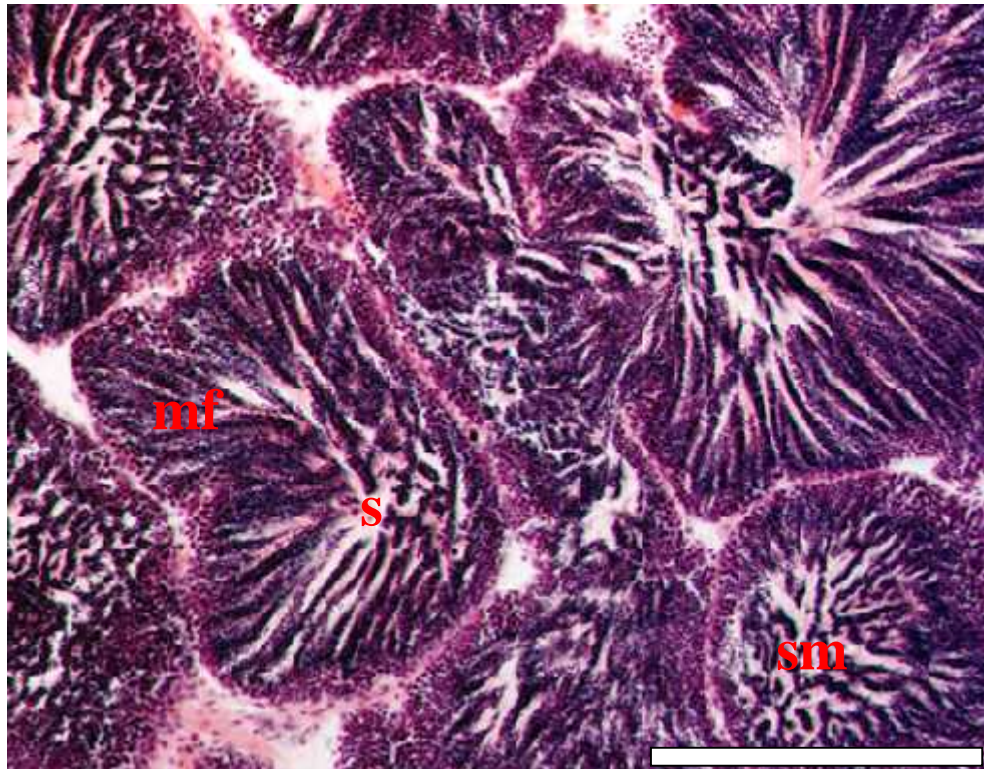


**Slika 8.** Razvojni stadiji sjemenika vrste *D. polymorpha*. **Gonadni stadij 1-** rana gametogeneza; listopad. Objašnjenje oznaka: mf-muški folikul. Stupi je 50  $\mu$ m.

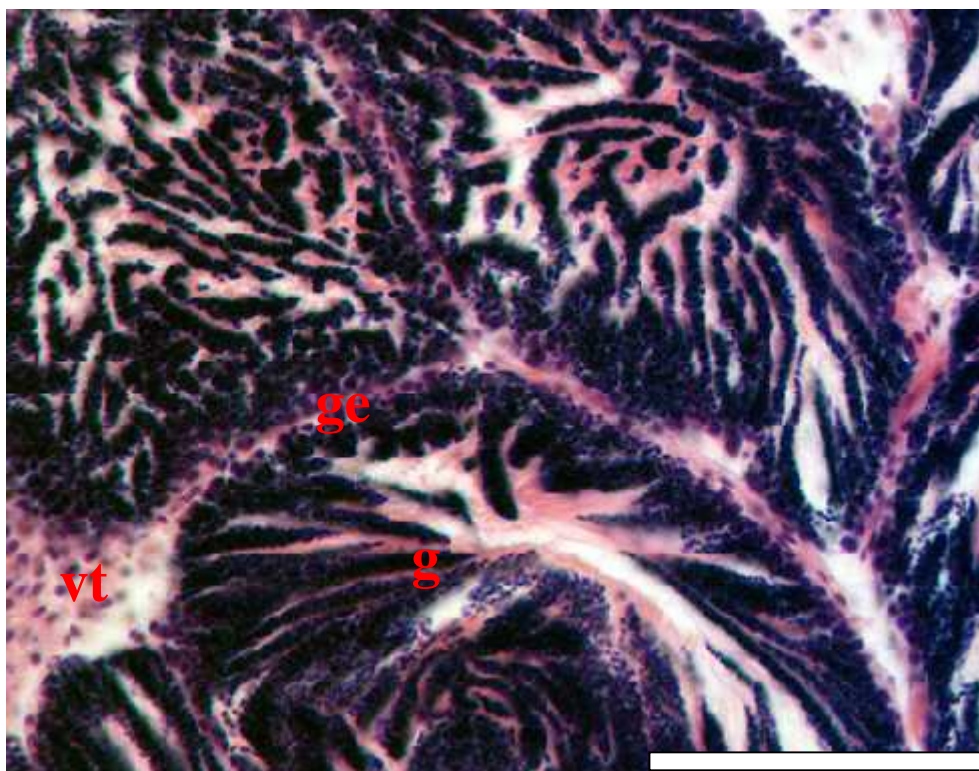


**Slika 9.** Razvojni stadiji sjemenika vrste *D. polymorpha*. **Gonadni stadij 1-** kasna gametogeneza; svibanj. Objašnjenje oznaka: mf-muški folikul. Stupi je 100  $\mu$ m.



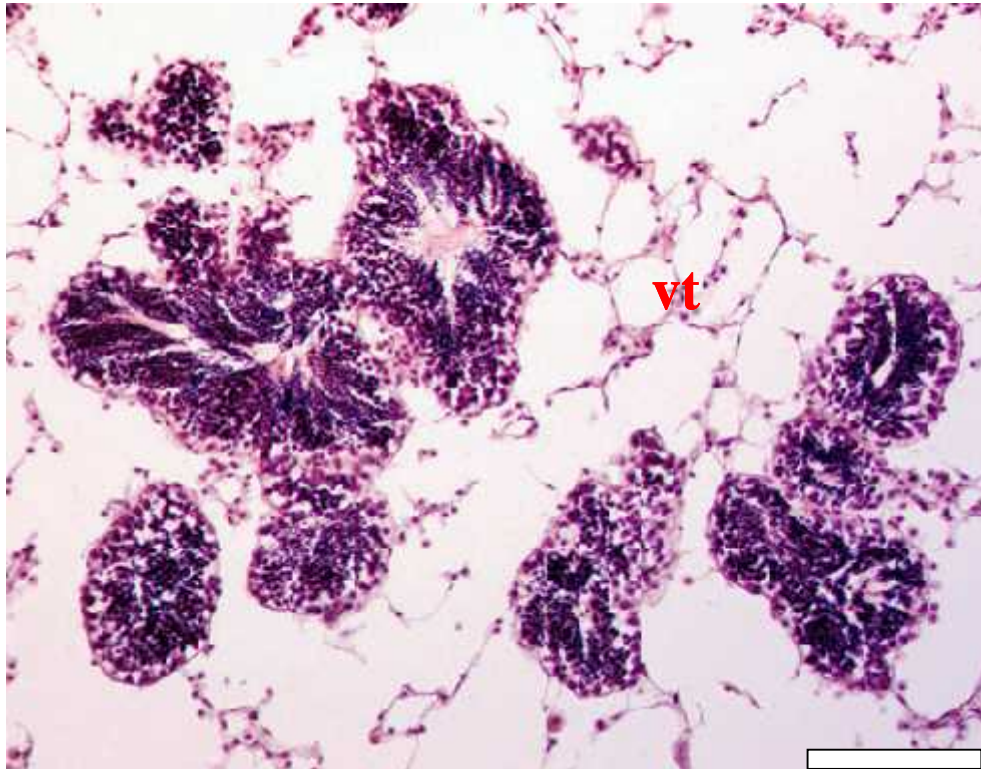


**Slika 10.** Razvojni stadiji sjemenika vrste *D. polymorpha*. **Gonadni stadij 2-** pred mriještenje; lipanj. Objašnjenje oznaka: mf-muški folikul; s-spermatide; sm-spermiji. Stupi je 100  $\mu\text{m}$ .

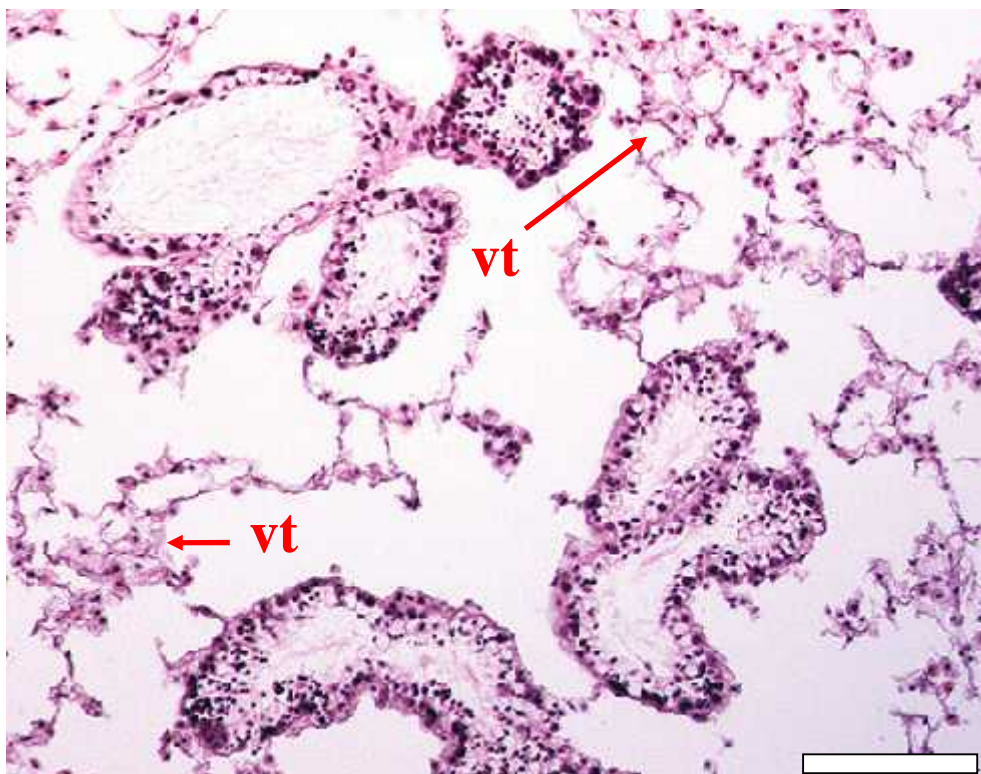


**Slika 11.** Razvojni stadiji sjemenika vrste *D. polymorpha*. **Gonadni stadij 2-** pred mriještenje; lipanj. Objašnjenje oznaka: g-glave spermatida; ge-zametni epitel; vt-vezivno tkivo. Stupi je 100  $\mu\text{m}$ .



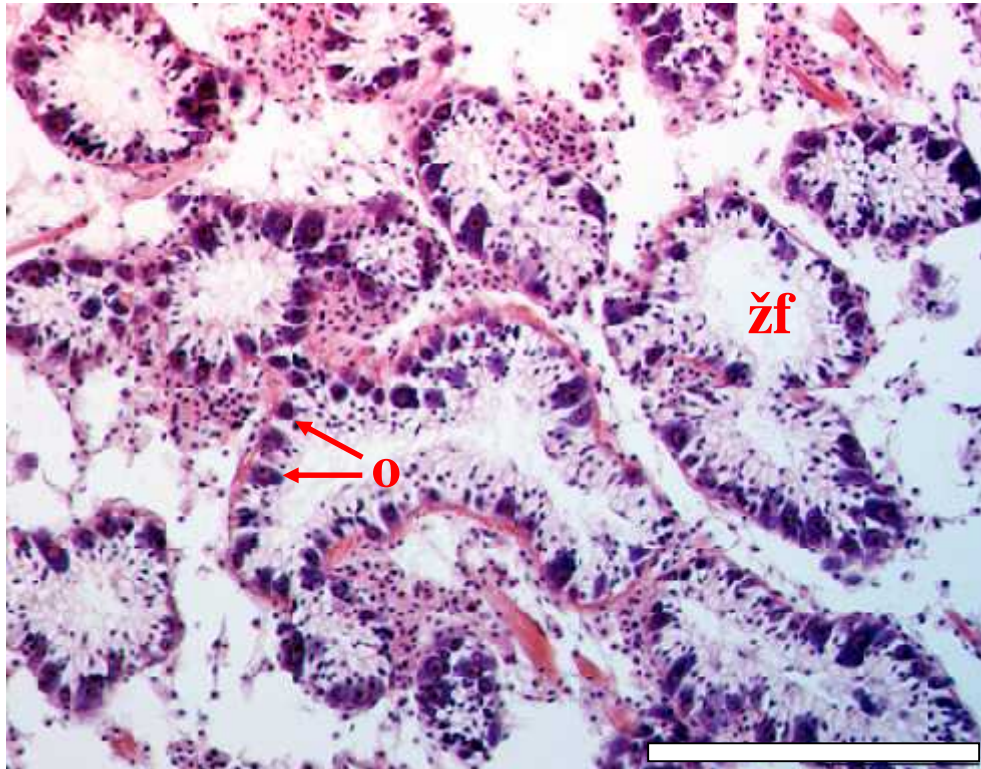


**Slika 12.** Razvoji stadij sjemenika vrste *D. polymorpha*. **Gonadni stadij 3-** poslije mriještenja; srpanj. Objašnjenje oznaka: vt-vezivno tkivo. Stupi je 50  $\mu$ m.

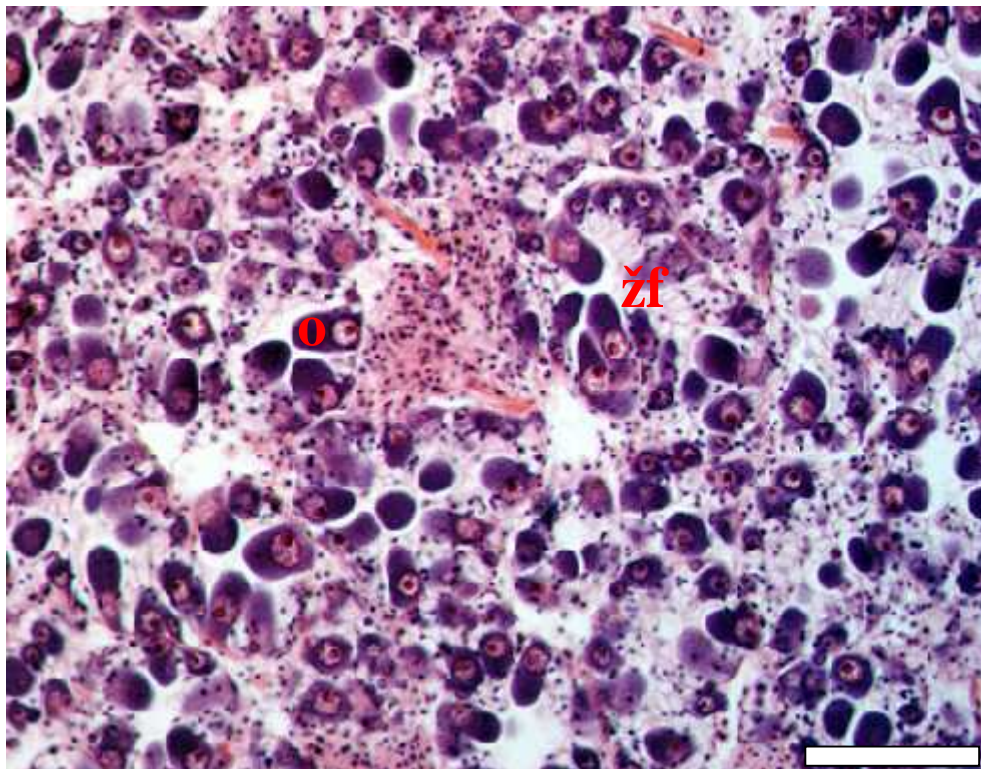


**Slika 13.** Razvoji stadij sjemenika vrste *D. polymorpha*. **Gonadni stadij 0-** stadij mirovanja; rujn. Objašnjenje oznaka: vt-vezivno tkivo. Stupi je 50  $\mu$ m.



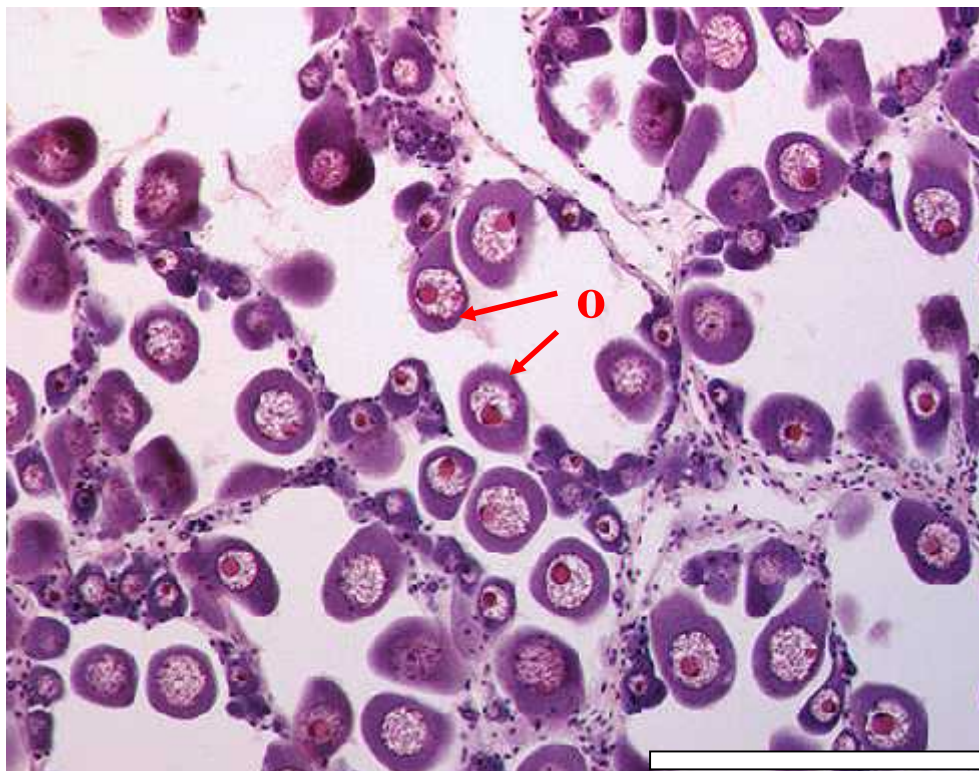


**Slika 14.** Razvojni stadiji jajnika vrste *D. polymorpha*. **Gonadni stadij 1**- rana gametogeneza; rujan. Objašnjenje oznaka: žf-ženski folikul, o-oocite. Stupi je 50  $\mu$ m.

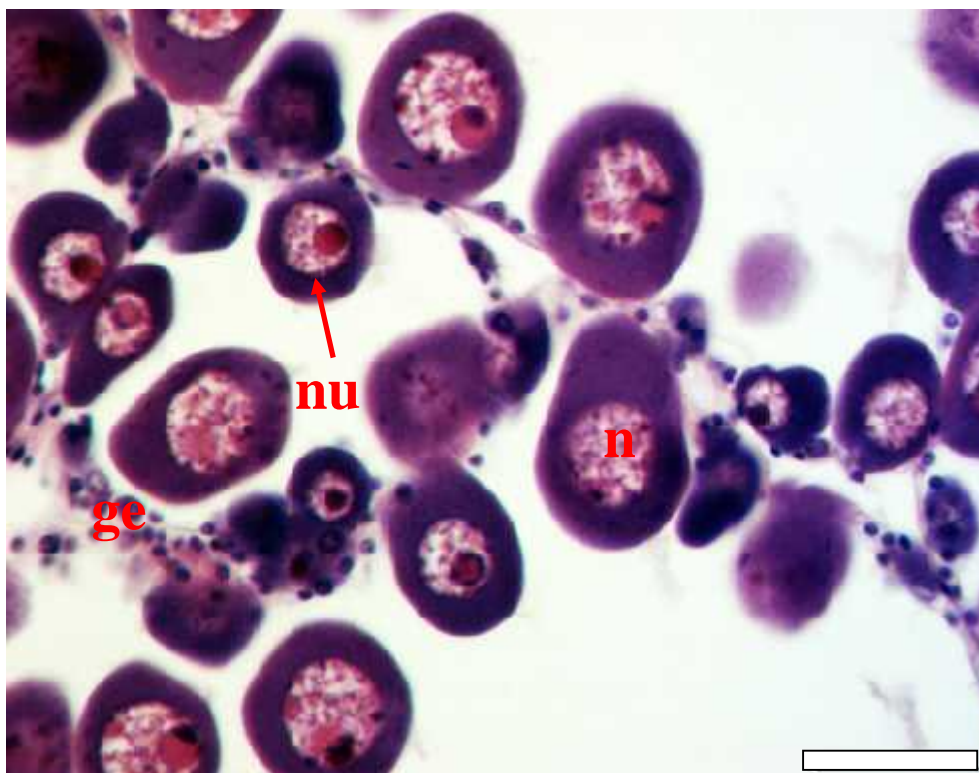


**Slika 15.** Razvojni stadiji jajnika vrste *D. polymorpha*. **Gonadni stadij 1** - kasna gametogeneza; svibanj. Objašnjenje oznaka: žf-ženski folikul, o-oocite. Stupi je 50  $\mu$ m.



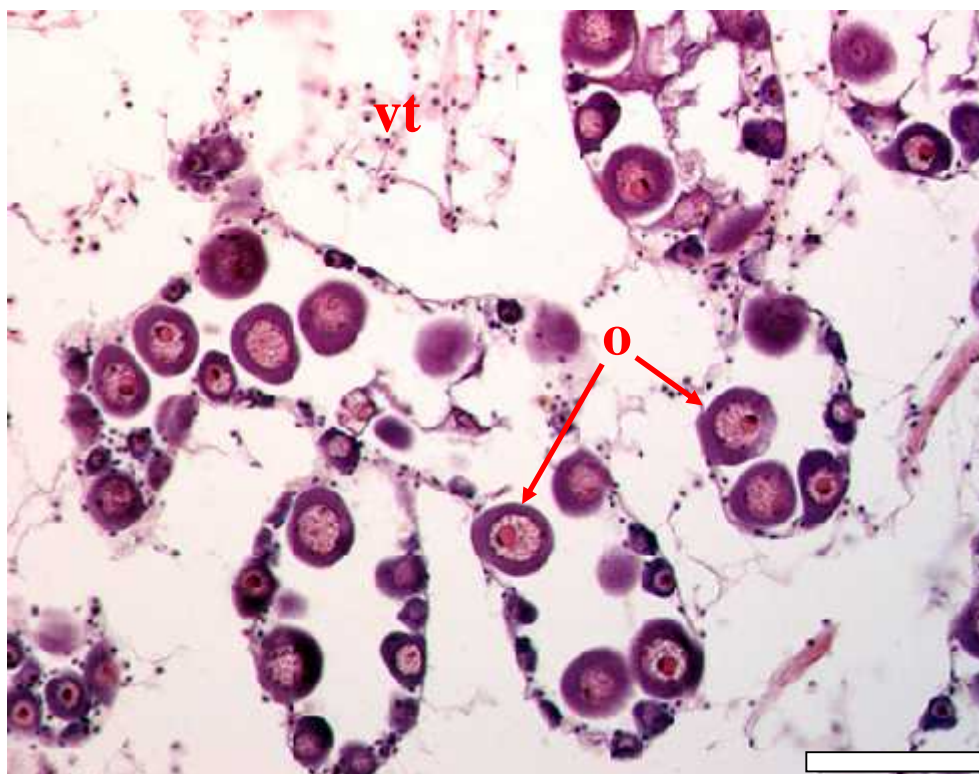


**Slika 16.** Razvojni stadiji jajnika vrste *D. polymorpha*. **Gonadni stadij 2-** stadij pred mriještenje; lipanj. Objašnjenje oznaka: o-oocite. Stupi je 100  $\mu$ m.

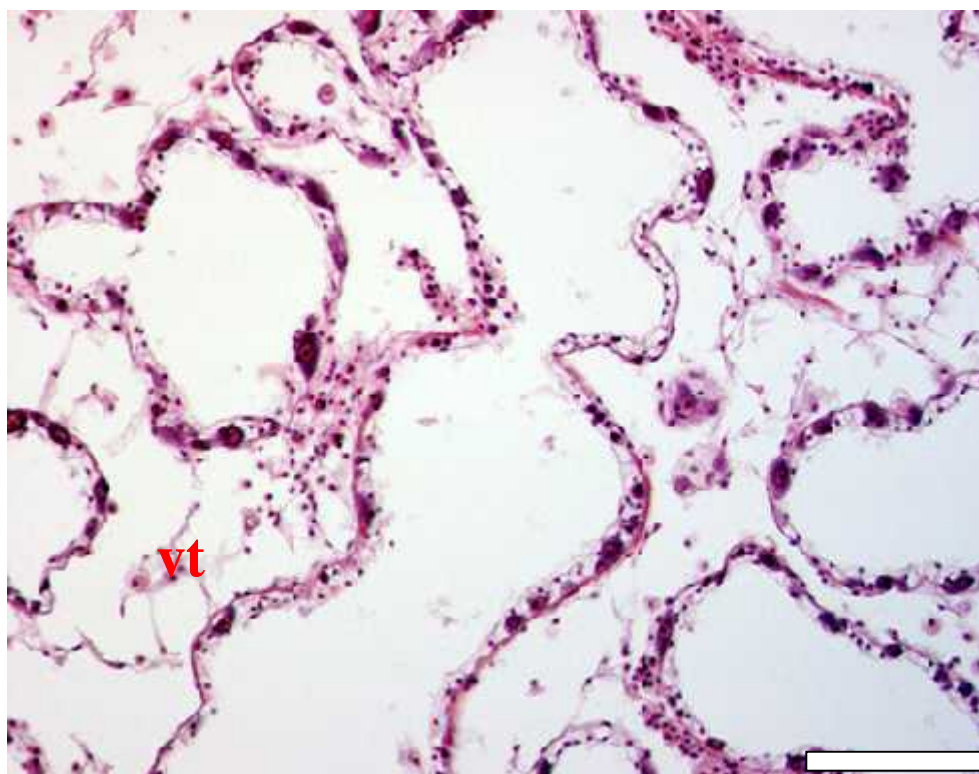


**Slika 17.** Razvojni stadiji jajnika vrste *D. polymorpha*. **Gonadni stadij 2-** pred mriještenje; lipanj. Objašnjenje oznaka: ge-zametni epitel; n-jezgra; nu-jezgrica. Stupi je 50  $\mu$ m.



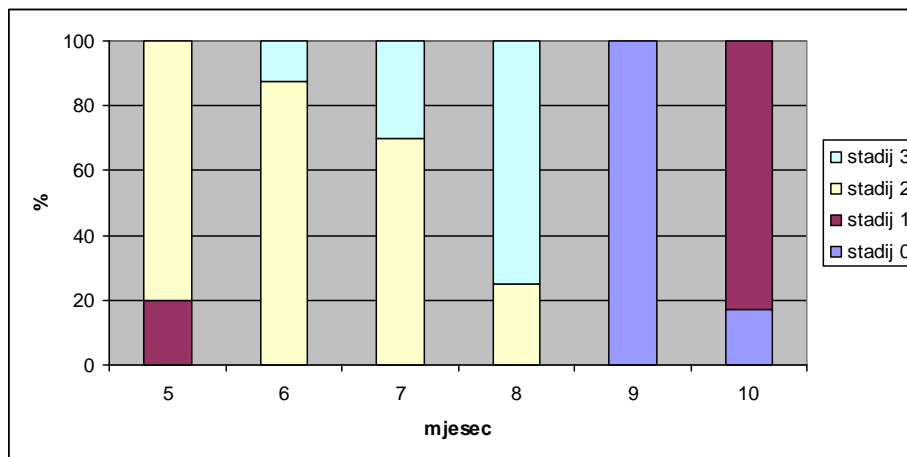


**Slika 18.** Razvojni stadiji jajnika vrste *D. polymorpha*. **Gonadni stadij 3-** stadij nakon mriještenja; srpanj. Objašnjenje oznaka: o-oocite; vt-vezivno tkivo. Stupi je 50  $\mu$ m.

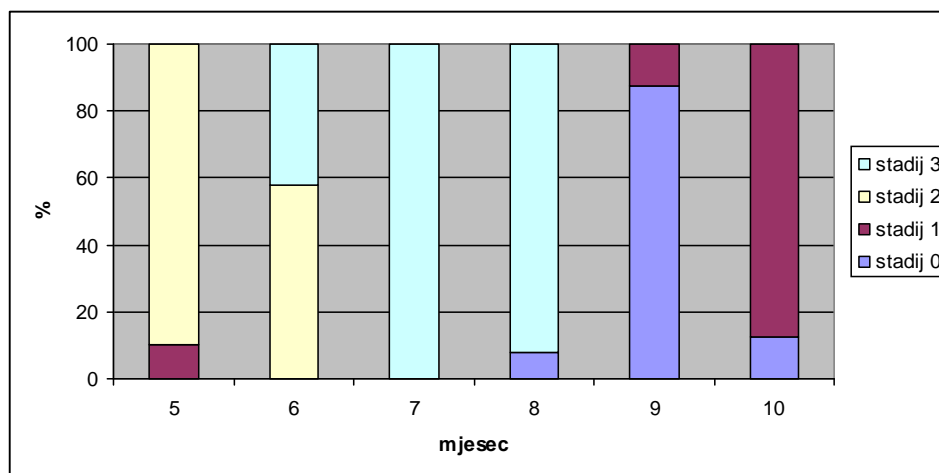


**Slika 19.** Razvojni stadiji jajnika vrste *D. polymorpha*. **Gonadni stadij 0-** stadij mirovanja; rujan. Objašnjenje oznaka: vt-vezivno tkivo. Stupi je 50  $\mu$ m.

Na Slikama 20 i 21. prikazane su relativne frekvencije gonadnih stadija školjkaša prema spolovima i prema mjesecima.



Slika 20. Relativna frekvencija gonadnih stadija mužjaka školjkaša *D. polymorpha* po mjesecima.



Slika 21. Relativna frekvencija gonadnih stadija ženki školjkaša *D. polymorpha* po mjesecima

### 3.2.2. INDEKS SPOLNE ZRELOSTI

U Tablici 3 prikazane su prosje ne vrijednosti indeksa spolne zrelosti školjkaša po mjesecima. Kao što je vidljivo iz tablice, najviša prosje na vrijednost indeksa spolne zrelosti od 2,9 utvr ena je u kolovozu kada je ve ina jedinki školjkaša bila u stadiju nakon mriještenja, a najmanja prosje na vrijednost od 0,05 u rujnu kada su jedinke bile u stadiju mirovanja.

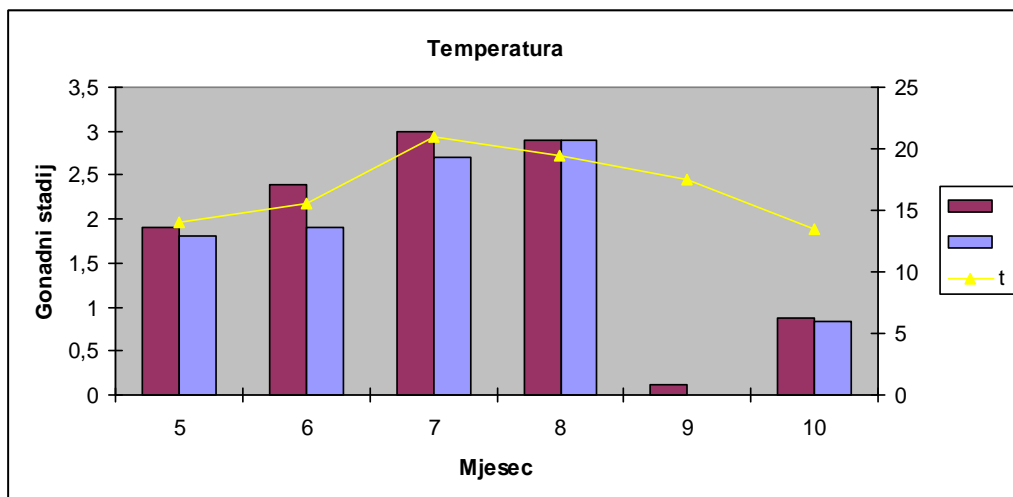
**Tablica 3.** Srednje vrijednosti indeksa spolne zrelosti školjkaša *D. polymorpha* po mjesecima

<b>Mjesec</b>	<b>Broj jedinki</b>	<b>Srednja vrijednost</b>	<b>Standardna devijacija</b>
Svibanj	10	1,85	0,24
Lipanj	10	2,20	0,48
Srpanj	10	2,85	0,34
Kolovoz	10	2,90	0,21
Rujan	10	0,05	0,16
Listopad	10	0,85	0,34

Grafi ki prikaz indeksa spolne zrelosti posebno za ženke i posebno za mužjake te povezanost s vrijednostima temperature vode prikazan je na Slici 22.

Najviša vrijednost indeksa spolne zrelosti mužjaci su imali u kolovozu i ona je iznosila 2,88, a najniža u rujnu 0, kad su svi mužjaci bili u stadiju mirovanja.

Ženke su najvišu vrijednost indeksa spolne zrelosti imale u srpnju i ta vrijednost je iznosila 3. Naime, upravo u srpnju i kolovozu su ženke bile u stadiju poslije mriještenja. Najniža vrijednost indeksa spolne zrelosti od 0,13 zabilježena je u rujnu, kad je najve i dio jedinki bio u stadiju mirovanja.



**Slika 22.** Usporedba indeksa spolne zrelosti mužjaka i ženki školjkaša *D. polymorpha* te povezanost s vrijednostima temperature vode

### 3.2.3. GONADNI VOLUMEN

Usporedba srednjih vrijednosti duljine utrobne vre e, volumena utrobne vre e, gonadnog volumena, volumena probavne žlijezde i volumena ostalih tkiva utrobne vre e za mužjake i ženke po mjesecima prikazane su u Tablicama od 4 do 8.

Najve a prosje na duljina utrobne vre e za oba spola utvr ena je u rujnu, a najniža u svibnju (Tablica 4). Pojedina no, najve a duljina utrobne vre e izmjerena je kod ženke uzorkovane u srpnju i ta je vrijednost iznosila 10,3 mm, dok je najniža vrijednost izmjerena u svibnju i iznosila je 5,7 mm. Kod mužjaka uzorkovanog u srpnju utvr ena je najve a duljina utrobne vre e i iznosila je 9,9 mm, dok je najnižu vrijednost imao mužjak uzorkovan u listopadu i ta je vrijednost iznosila 6,1 mm.

Najviša prosje na vrijednost volumena utrobne vre e izmjerena je kod ženki u lipnju, a kod mužjaka u srpnju dok su najniže prosje ne vrijednosti kod ženki utvr ene u svibnju, odnosno listopadu kod mužjaka (Tablica 5). Najviša pojedina na vrijednost volumena utrobne vre e kod mužjaka izmjerena je u svibnju i iznosila je 177,1 mm<sup>3</sup>, a kod ženki u lipnju i ta je vrijednost iznosila 184,3 mm<sup>3</sup>. Najniža vrijednost volumena utrobne vre e, 68,5 mm<sup>3</sup> izmjerena je kod mužjaka uzorkovanog u listopadu, dok je najniža vrijednost kod ženki zabilježena kod jedinke uzorkovane u svibnju i iznosila je 78,99 mm<sup>3</sup>.

Prosje na vrijednost gonadnog volumena za oba spola najve a je u mjesecu lipnju kad su jedinke bile u stadiju pred mriještenje (Tablica 6). U istom su mjesecu izmjerene i

najviše pojedina ne vrijednosti gonadnog volumena. Za ženku je ta vrijednost iznosila 94,5 mm<sup>3</sup>, a za mušjaka 90,1 mm<sup>3</sup>. Najniže prosje ne vrijednosti gonadnog volumena kod oba spola izmjerene su u rujnu (Tablica 6). Pojedina no, najniža izmjerena vrijednost gonadnog volumena kod mušjaka iznosila je 8,3 mm<sup>3</sup> u listopadu, a kod ženke 6,9 mm<sup>3</sup> u srpnju.

**Tablica 4.** Usporedba duljine utrobne vre e mušjaka i ženki vrste *D. polymorpha* po mjesecima

Mjesec	Mušjaci			Ženke			p*
	N	Sr. vr.	St. dev.	N	Sr. vr.	St. dev.	
5	4	8,0	1,6	4	7,2	1,0	0,564
6	3	8,5	0,5	5	8,9	0,8	0,368
7	4	8,8	0,8	5	8,8	1,1	0,461
8	4	8,8	1,2	5	8,6	0,4	0,389
9	6	9,3	0,4	4	8,5	0,6	0,054
10	5	8,4	1,4	3	8,9	0,9	0,764

\* p-vrijednost za Wilcoxonov test sume rangova

**Tablica 5.** Usporedba volumena utrobne vre e mušjaka i ženki vrste *D. polymorpha* po mjesecima

Mjesec	Mušjaci			Ženke			p*
	N	Sr. vr.	St. dev.	N	Sr. vr.	St. dev.	
5	4	116,8	45,2	4	103,8	25,6	0,773
6	3	110,6	37,2	5	140,0	27,0	0,297
7	4	137,2	26,8	5	111,8	31,1	0,221
8	4	121,5	17,8	5	134,1	20,2	0,327
9	6	117,7	16,9	4	116,9	25,6	0,831
10	5	110,3	28,9	3	108,0	51,9	0,881

\* p-vrijednost za Wilcoxonov test sume rangova

Iz Tablice 7 vidljivo je da je najviša prosje na vrijednost volumena probavne žlijezde kod ženki zabilježena u kolovozu, odnosno u rujnu kod mušjaka. Najviša pojedina na vrijednost ovog volumena izmjerena je kod mušjaka uzorkovanog u listopadu i iznosila je 36,6 mm<sup>3</sup>. Kod ženke je najviša vrijednost volumena probavne žlijezde izmjerena u istom mjesecu i iznosila je 45,6 mm<sup>3</sup>. Najniža vrijednost volumena probavne

žlijezde kod mužjaka izmjerena je u lipnju i iznosila je 9,7 mm<sup>3</sup>, a kod ženke u srpnju i ta vrijednost je iznosila 7,9 mm<sup>3</sup>.

Najviša prosje na vrijednost volumena ostalih tkiva kod mužjaka je izmjerena u rujnu a kod ženki u kolovozu, dok su najniže prosje ne vrijednosti kod ženki izmjerene u svibnju, odnosno lipnju kod mužjaka (Tablica 8). Najviša pojedina na vrijednost volumena ostalih tkiva od 101,6 mm<sup>3</sup> izmjerena je kod mužjaka uzorkovanog u listopadu, odnosno kod ženke uzorkovane u rujnu i iznosila je 84,1 mm<sup>3</sup>. Najniža vrijednost za oba spola izmjerena je u svibnju. Za mužjaka ta je vrijednost iznosila 28,2 mm<sup>3</sup>, a za ženku 27,7 mm<sup>3</sup>.

Primijenjeni neparametrijski Wilcoxonov test sume rangova je pokazao da razlike izme u mužjaka i ženki u svim mjerenim vrijednostima nisu bile statisti ki zna ajne ( $p > 0,05$ ) (Tablice 4 do 8).

**Tablica 6.** Usporedba gonadnog volumena mužjaka i ženki vrste *D. polymorpha* po mjesecima

Mjesec	Mužjaci			Ženke			p*
	N	Sr. vr.	St. dev.	N	Sr. vr.	St. dev.	
5	4	37,6	19,7	4	43,7	9,4	0,248
6	3	57,3	30,0	5	82,0	14,5	0,180
7	4	54,8	14,4	5	37,0	19,8	0,142
8	4	39,9	10,7	5	29,2	10,4	0,142
9	6	20,3	1,4	4	21,4	7,5	1,000
10	5	22,4	16,4	3	28,3	32,4	0,655

\* p-vrijednost za Wilcoxonov test sume rangova

**Tablica 7.** Usporedba volumena probavne žlijezde mužjaka i ženki vrste *D. polymorpha* po mjesecima

Mjesec	Mužjaci			Ženke			p*
	N	Sr. vr.	St. dev.	N	Sr. vr.	St. dev.	
5	4	22,4	8,4	4	20,2	4,11	0,248
6	3	12,9	3,2	5	16,2	6,6	0,456
7	4	22,2	10,0	5	20,1	10	0,624
8	4	25,9	5,6	5	31,7	4,3	0,142
9	6	30,3	7,3	4	28,8	9,1	0,831
10	5	23,5	4,8	3	28,5	15,1	0,881

\* p-vrijednost za Wilcoxonov test sume rangova

**Tablica 8.** Usporedba volumena ostalih tkiva mužjaka i ženki vrste *D. polymorpha* po mjesecima

Mjesec	Mužjaci			Ženke			p*
	N	Sr. vr.	St. dev.	N	Sr. vr.	St. dev.	
5	4	56,8	22,8	4	40,0	14,4	0,083
6	3	40,3	4,4	5	41,8	12,9	0,180
7	4	60,1	13,1	5	54,7	9,2	0,624
8	4	55,9	20,5	5	73,1	7,6	0,142
9	6	67,0	11,2	4	66,7	11,8	0,670
10	5	64,4	23,3	3	51,2	6,4	0,456

\* p-vrijednost za Wilcoxonov test sume rangova

### 3.2.4. GONADNI INDEKS

Gonadni indeks, indeks probavne žlijezde te indeks ostalih tkiva utrobne vre e izra unati su kao postotni udjeli njihovih volumena u ukupnom volumenu utrobne vre e (Tablice 9 do 11).

Najviša srednja vrijednost gonadnog indeksa kod oba spola zabilježena je u mjesecu lipnju, kada su gonade zrele i nalaze se u stadiju pred mriještenje (Tablica 9). U istom su mjesecu, za oba spola, utvr ene i najviše pojedina ne vrijednosti gonadnog indeksa. Za mužjaka je ta vrijednost iznosila 59,4, a za ženku 66,3. Najniža vrijednost gonadnog indeksa, 8,25, zabilježena je kod mužjaka uzorkovanog u rujnu koji se nalazio u stadiju mirovanja gonada, dok je najniža vrijednost od 11,1 utvr ena kod ženke skupljene u srpnju koja se nalazila u stadiju poslije mriještenja.

**Tablica 9.** Usporedba vrijednosti gonadnog indeksa mužjaka i ženki vrste *D. polymorpha* po mjesecima

Mjesec	Mužjaci			Ženke			p*
	N	Sr. vr.	St. dev.	N	Sr. vr.	St. dev.	
5	4	32,5	11,1	4	42,6	5,2	0,248
6	3	49,7	10,0	5	58,9	7,0	0,180
7	4	40,0	8,3	5	30,7	12,6	0,462
8	4	34,0	13,0	5	21,3	5,4	0,086
9	6	17,6	3,1	4	17,9	2,6	0,831
10	5	20,0	13,0	3	24,6	13,5	0,655

\* p-vrijednost za Wilcoxonov test sume rangova

Najviše prosje ne vrijednosti indeksa probavne žlijezde za oba su spola zabilježene u mjesecu rujnu, dok su najniže prosje ne vrijednosti ovog indeksa, tako er za oba spola, utvr ene u lipnju (Tablica 10). Najviša pojedina na vrijednost indeksa probavne žlijezde utvr ena je kod mužjaka uzorkovanog u rujnu i iznosila je 31,3, odnosno kod ženke uzorkovane u listopadu i iznosila je 27,3. Najniža vrijednost od 10,3 zabilježena je u srpnju kod mužjaka, a kod ženke u lipnju i ta vrijednost je iznosila 10,0.

Sli no kao i indeks probavne žlijezde i prosje na vrijednost indeksa ostalih tkiva najniža je u lipnju, upravo u vrijeme kad je gonadni indeks najviši, a najviša u rujnu odnosno listopadu (Tablica 11). Najniže pojedina ne vrijednost indeksa ostalih tkiva



tako er su zabilježene u lipnju, za mužjaka je ta vrijednost iznosila 29,9, a za ženku 24,0. Padom vrijednosti gonadnog indeksa pove a se indeks ostalih tkiva, pa je najviša vrijednost indeksa ostalih tkiva utrobne vre e od 67,74 zabilježena kod ženke uzorkovane u rujnu, odnosno kod mužjaka uzorkovanog u listopadu i iznosila je 68,7.

Primijenjena statisti ka analiza pokazala je da, osim u svibnju za indeks ostalih tkiva utrobne vre e, razlike izme u mužjaka i ženki po mjesecima nisu statisti ki zna ajne ( $p > 0,05$ ) (Tablice 9 do 11).

**Tablica 10.** Usporedba vrijednosti indeksa probavne žlijezde mužjaka i ženki vrste *D. polymorpha* po mjesecima

Mjesec	Mužjaci			Ženke			p*
	N	Sr. vr.	St. dev.	N	Sr. vr.	St. dev.	
5	4	19,3	5,4	4	19,6	1,5	0,773
6	3	11,9	1,1	5	11,3	2,6	0,655
7	4	15,6	4,3	5	17,1	4,7	0,624
8	4	21,0	1,8	5	23,7	1,5	0,050
9	6	25,5	3,8	4	24,4	4,9	0,831
10	5	21,8	3,5	3	24,1	4,6	0,180

\* p-vrijednost za Wilcoxonov test sume rangova

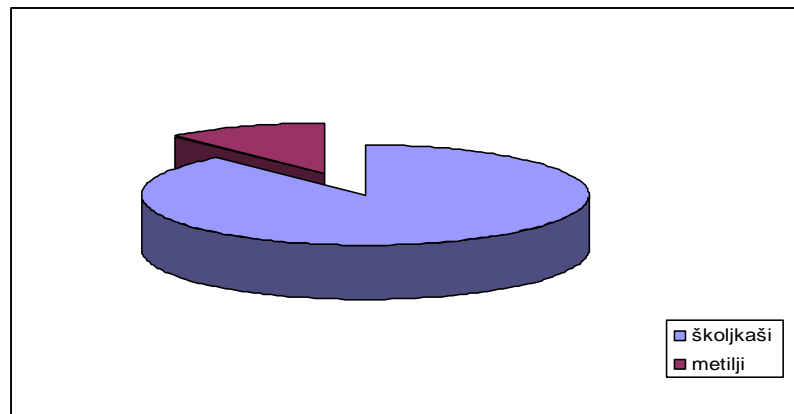
**Tablica 11.** Usporedba vrijednosti indeksa ostalih tkiva utrobne vre e mužjaka i ženki vrste *D. polymorpha* po mjesecima

Mjesec	Mužjaci			Ženke			p*
	N	Sr. vr.	St. dev.	N	Sr. vr.	St. dev.	
5	4	48,2	5,9	4	37,8	6,5	0,043
6	3	38,4	9,2	5	28,3	4,4	0,101
7	4	44,5	9,2	5	51,7	16,4	0,462
8	4	43,4	11,0	5	54,6	5,3	0,142
9	6	56,9	2,9	4	57,7	7,0	0,522
10	5	58,2	11,7	3	51,3	15,7	0,297

\* p-vrijednost za Wilcoxonov test sume rangova

### 3.3. METILJI

Od ukupno 60 školjkaša 8 jedinki (13,3%) je bilo zaraženo metiljima (Slika 23). Jedinke koje su bile inficirane metiljima imale su znatno manji gonadni volumen i volumen probavne žlijezde.



**Slika 23.** Zastupljenost metilja u istraživanoj populaciji vrste *D. polymorpha*

## 4. RASPRAVA

### 4.1. ODNOS SPOLOVA

Za vrstu *Dreissena polymorpha* karakterističan je omjer spolova 1:1 (Stanczykowska, 1977; Nicholas i Kollar, 1991). U hidroakumulaciji Dubrava na rijeci Dravi Lajtner (2005) je pronašla 46,3% ženki, 51% mužjaka i 2,5% dvospolaca. Od ukupno 60 školjkaša koje sam histološki obradila u svom diplomskom radu utvrdila sam da je omjer spolova 1:1, a dvospolce nisam pronašla. U jezeru Trasimeno u središnjoj Italiji Lancioni i Gaino (2006) utvrdili su da je omjer mužjaka i ženki bio 1:1.16, a dvospolce također nisu pronašli.

Lajtner (2005) navodi da je u razdoblju nakon mriještenja manje ženki u odnosu na mužjake. Primijetila sam da je takva situacija i u hidroakumulaciji akovec. Juhel i sur. (2003) navode sezonski različit omjer spolova. Navedeni autori smatraju da su mužjaci znatno osjetljiviji na promjenu temperature i nedostatak hrane, a s druge strane u vrijeme intenzivne gametogeneze i mriještenja dolazi do pojave smrtnosti ženki kod kojih je „reproduktivni napor“ veći nego kod mužjaka što dovodi do izjednačavanja omjera spolova.

### 4.2. OBILJEŽJA GONADA

Vrsta *D. polymorpha* ima godišnji reproduktivni ciklus (Antheunisse, 1963; Walz, 1978; Borcherdig, 1991; Neumann i sur., 1993), što znači da se gametogeneza odvija tijekom zime i ranog proljeća, a do mriještenja dolazi u kasno proljeće i početkom ljeta. Za klasifikaciju razvojnih stadija gonada u ovom sam radu koristila klasifikaciju koju su napravili Gist i sur. (1997).

U mjesecu svibnju je mali broj jedinki u hidroakumulaciji akovec bio u stadiju gametogeneze, a najviše jedinki je bilo u stadiju pred mriještenje. Razlog što još uvijek nije došlo do mriještenja bile su loše vremenske prilike i niska temperatura vode. Naime, poznato je da su glavni imbenici koji utječu na mriještenje školjkaša temperatura vode i dovoljna količina hrane (Walz, 1978; Sprung, 1987; Borcherdig, 1991; Haag i Garton, 1992). Osim toga, kako pokazuju neka novija istraživanja i neki unutarnji imbenici kontroliraju sazrijevanje i mriještenje školjkaša, a radi se o hormonu serotoninu koji je pronađen u gonadama i ganglijima školjkaša. Tarnik (2008), koja je u istom periodu provela istraživanja ličinki školjkaša u planktonu akumulacije HE akovec, u svom radu navodi da je u svibnju

pronašla mali broj li inki upravo zbog nepovoljnih vremenskih prilika koje su onemogu ile zagrijavanje jezera i zna ajniji razvoj fitoplanktona. Upravo zbog toga i sazrijevanje odraslih školjkaša bilo je usporenije što dokazuju rezultati mog rada. Prve izmriještene jedinke pronašla sam u lipnju kada je temperatura vode bila oko 15,5°C. Po etkom srpnja su se vremenske prilike poboljšale s osjetno višom temperaturom (do 23°C) što je omogu ilo i zna ajniji razvitak li inki školjkaša (Tarnik, 2008). U srpnju i kolovozu gotovo sve odrasle jedinke koje sam analizirala bile su u stadiju nakon mriještenja. Tarnik (2008) navodi da je najve e i broj li inki školjkaša u hidroakumulaciji akovec prisutan u srpnju i to 6.855 jed./10L vode, dok su u kolovozu broj ane vrijednosti bile nešto niže. Navedeni rezultati poklapaju se s rezultatima mog rada. U rujnu su jedinke koje sam promatrala bile u stadiju mirovanja, pa je zabilježena i najmanja vrijednost indeksa spolne zrelosti. Kao što navodi i Tarnik (2008) i rezultati mog istraživanja pokazuju da je ve ina jedinki svoj reproduktivni ciklus završila u srpnju i kolovozu. U hidroakumulaciji Dubrava na rijeci Dravi Lajtner (2005) navodi da je najve e i broj jedinki u stadiju mirovanja bio prisutan u mjesecu listopadu. Ve ina jedinki u listopadu u mom istraživanju je bila u stadiju gametogeneze, a samo mali broj jedinki bio je u stadiju mirovanja. U listopadu Tarnik (2008) nije pronašla niti jednu li inku u akumulaciji HE akovec.

Vrsta *D. polymorpha* ima sinkroniziran reproduktivni ciklus. Me utim treba naglasiti da gotovo nikada nisam uo ila da sve jedinke imaju isti stadij razvoja u pojedinom mjesecu. No preklapanje razli itih stadija navode i drugi autori (Borcherding, 1991, 1992; Haag i Garton, 1992; Bacchetta i sur., 2001; Juhel i sur., 2003; Mantecca i sur., 2003, Lajtner, 2005).

Osim kvalitativnih istraživanja, reproduktivni ciklus vrste *D. polymorpha* pratila sam i kvantitativno primjenom posebnog ra unalnog programa (LUCIA G 4.81), jer je gonade školjkaša nemogu e makroskopski izolirati i vagati (Walz, 1978; Borcherding, 1990, 1991). Izmjerala sam 10 snimaka histoloških presjeka po životinji, dakle ukupno 600 snimaka. Na taj na in dobila sam podatke o gonadnom volumenu, volumenu probavne žlijezde i volumenu ostalih tkiva utrobne vre e (bisusna žlijezda, vezivno tkivo, gangliji).

Najniže vrijednosti gonadnog volumena i gonadnog indeksa su u vrijeme nakon mriještenja i vrijeme mirovanja, a najve e vrijednosti u vrijeme kad su gamete zrele, u stadiju pred mriještenje. Sli ne rezultate dobila je i Lajtner (2005) istražuju i reproduktivni ciklus vrste *D. polymorpha* u hidroakumulaciji Dubrava i Borcherding (1991) u jezeru Fühlinger See.

Najviše prosječne vrijednosti volumena probavne žlijezde, kao i volumena ostalih tkiva zabilježene su kod mužjaka u rujnu, a kod ženki u kolovozu, dakle u stadijima poslije mriještenja i u stadiju mirovanja.

Vrijednosti indeksa probavne žlijezde i indeksa ostalih tkiva najniže su u lipnju, upravo u vrijeme kad je vrijednost gonadnog indeksa najviša. Do istih rezultata došla je i Lajtner (2005).

Razlike između najviših i najnižih prosječnih vrijednosti gonadnih volumena su 1:2,8 za mužjake i oko 1:4 za ženke, za volumen probavne žlijezde 1:2,3 za mužjake i 1:1,5 za ženke. Za volumen ostalih tkiva razlika iznosi 1:1,7 za mužjake i 1:1,8 za ženke. Lajtner (2005) navodi slične razlike i u svom istraživanju reproduktivnog ciklusa raznolike trokutnja e u akumulaciji Dubrava na rijeci Dravi. Tako je u toj akumulaciji omjer bio 1:3 za gonade, za probavnu žlijezdu 1:1,8 i za volumen ostalih tkiva utrobne vre e 1:1,4. Borcharding (1992) navodi da su godišnje razlike između najviših i najnižih srednjih vrijednosti gonadnog volumena znatno više (1:10) od razlika volumena probavne žlijezde (1:3) i volumena ostalih tkiva utrobne vre e (1:2).

Primijenjeni neparametrijski Wilcoxonov test sume rangova je pokazao da mjesečne razlike između mužjaka i ženki u svim mjerenim vrijednostima nisu bile statistički značajne ( $p > 0,05$ ) što dokazuje da je reproduktivni ciklus vrste *Dreissena polymorpha* sinkroniziran. Jedino je razlika u vrijednosti indeksa ostalih tkiva utrobne vre e u mjesecu svibnju bila statistički značajna ( $p = 0,043$ ) no i ta je vrijednost blizu gornje granice i ne može se značajnije povezati s reproduktivnim ciklusom.

#### 4.3. METILJI

Od ukupno 60 analiziranih školjkaša njih 8 bilo je zaraženo metiljima (13,3%). Sličan rezultat (13,8%) dobila je i Lajtner (2005) analizirajući i reproduktivni ciklus vrste *D. polymorpha* u rijeci Dravi. Do sada je opisano sedam rodova metilja koji parazitiraju u vrsti *D. polymorpha* (Molloy i sur., 1997). Promatrajući i histološke preparate pod mikroskopom te primjenjujući i računalnu analizu slike zaključila sam da je volumen gonada bio znatno manji kod inficiranih školjkaša u odnosu na zdrave. Kod pojedinih jedinki cijela utrobna vreća bila je inficirana sporicistama metilja. Jaka infekcija metiljima može dovesti do pojave hermafroditizma. Za razliku od Lajtner (2005) koja u svom radu navodi da je pronašla 2,5% dvospolaca na dvije postaje na rijeci Dravi, ja u svom istraživanju nisam pronašla dvospolce.



## 5. ZAKLJU CI

1. U ovom radu ukupno je histološki obrađeno 60 jedinki od čega 30 mužjaka i 30 ženki, dakle omjer spolova bio je 1:1.

2. U svibnju je većina jedinki bila u stadiju pred mriještenje, a mali broj jedinki bio je još uvijek u stadiju gametogeneze. Prve izmriještene jedinke pronađene su u srpnju. Većina jedinki svoj reproduktivni ciklus završila je u kolovozu, a u rujnu su bile u stadiju mirovanja. U listopadu je počeo novi proces gametogeneze i većina jedinki bila je upravo u tom stadiju (gonadni stadij 1).

3. Najviše srednje vrijednosti indeksa spolne zrelosti i kod mužjaka i ženki zabilježene su u kolovozu kad su jedinke bile u stadiju nakon mriještenja, dok su najniže srednje vrijednosti zabilježene u rujnu kada su školjkaši bili u stadiju mirovanja.

4. Najviše srednje vrijednosti gonadnog volumena utvrđene su u srpnju kada su jedinke bile u stadiju pred mriještenje (gonadni stadij 2). Nakon mriještenja dolazi do pada gonadnog volumena, a najniže srednje vrijednosti zabilježene su kod jedinki u stadiju mirovanja (gonadni stadij 0).

5. Najviše srednje vrijednosti gonadnog indeksa utvrđene su u lipnju i kod mužjaka i ženki budući da su u to vrijeme bili u stadiju pred mriještenje, dok su u navedenom mjesecu zabilježene najniže srednje vrijednosti indeksa probavne žlijezde i indeksa ostalih tkiva.

6. Od 60 školjakaša, koliko ih je ukupno analizirano 8 jedinki je bilo zaraženo metiljima (13,3 %).

7. Primijenjeni Wilcoxonov test sume rangova pokazao je da razlike između mužjaka i ženki u svim mjerenim vrijednostima nisu bile statistički značajne.

**6. CITIRANA LITERATURA**

- ACKERMAN JD, SIM B, NICHOLS SJ, CLAUDI R (1994) A review of the early life history of zebra mussels (*Dreissena polymorpha*): comparisons with marine bivalves. *Can J Zool* 72: 1169-1179
- ANTHEUNISSE LJ (1963) Neurosecretory phenomena in zebra mussel *Dreissena polymorpha* Pallas. *Arch Néerl Zool* 15: 237-314
- BACCHETTA R, MANTECCA P, VAILATI G (2001) Reproductive behaviour of the freshwater mussel *Dreissena polymorpha* in Italy: A comparison between two populations. *Arch Hydrobiol* 151: 247-262
- BASTVIKEN DTE, CARACO NF, COLE JJ (1998) Experimental measurements of zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) impacts on phytoplankton community composition. *Freshwat Biol* 39: 375-386
- BORCHERDING J (1990) Die Reproduktionsleistungen der Wandermuschel *Dreissena polymorpha*. Doktorska disertacija, Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät, Universität zu Köln, 168 str
- BORCHERDING J (1991) The annual reproductive cycle of the freshwater mussel *Dreissena polymorpha* Pallas in lakes. *Oecologia* 87: 208-218
- BORCHERDING J (1992) Morphometric changes in relation to annual reproductive cycle in *Dreissena polymorpha* - a prerequisite for biomonitoring studies with zebra mussels. U: NEUMANN D, JENNER HA (eds.): *The Zebra Mussel Dreissena polymorpha: Ecology, Biological Monitoring and First Applications in the Water Quality Management*. *Limnologie Aktuell*, vol 4, Gustav Fischer, Stuttgart str 87-99
- BRADBURY PC (1994) Parasitic protozoa of molluscs and crustacea. U: KREIER JP (ed): *Parasitic Protozoa* (vol 8, 2nd ed). Academic Press, San Diego, str 139-263
- CARLTON JT (1993) Dispersal mechanisms fo the zebra mussel. U: NALEPA TF, SCHLOESSER DW (eds.): *Zebra mussels: Biology, Impacts, and Control*. Lewis Publishers, Boca Raton, str 677-697
- CLEVEN E, FRENZEL P (1992) Population dynamics and production of *Dreissena polymorpha* in the River Seerhein, the outlet of Lake Constance. U: NEUMANN D, JENNER HA (eds.): *The Zebra Mussel Dreissena polymorpha*, Gustav Fischer Verlag, New York str. 45-47

- CLAUDI R, MACKIE GL (1993) Practical manual for zebra mussel monitoring and control. Lewis Publishers, Boca Raton, 227 str
- CONN DB, CONN DA (1995) Experimental infection of zebra mussels *Dreissena polymorpha* (Mollusca: Bivalvia) by metacercariae of *Echinoparyphium* sp. (Platyhelminthes: Trematoda). J Parasitol 81: 304-305
- ERBEN R, LAJTNER J, LUCI A, MAGUIRE I, KLOBU AR GIV (2000) Attachment of the zebra mussel on the artificial substrates in the reservoir Dubrava (River Drava, Croatia). Limnological reports, 33<sup>rd</sup> Conference, Osijek, Hrvatska. Internat Assoc Danube Res 33: 225-231
- ERBEN R, LAJTNER J, LUCI A, MAGUIRE I, HUDINA S, IVAN I Z, BUHIN J, TARNIK T. (2007): Sagledavanje rješavanja problema naseljavanja školjkaša *Dreissena polymorpha* na vrste podloge i pronalaženje metoda za njihovo uklanjanje iz sustava PP HE Sjever. Prirodoslovno-matemati ki fakultet, Zagreb, 123 str
- FAHNENSTIEL GL, BRIDGEMAN TB, LANG GA, MCCORMICK MJ, NALEPA TF (1995a) Phytoplankton productivity in Saginaw Bay, Lake Huron: Effects of Zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) colonization. J. Great Lakes Res. 21: 465-475.
- FAHNENSTIEL GL, LANG GA, NALEPA TF, JOHENGEN TH (1995b) Effects of Zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) colonization on water quality parameters in Saginaw Bay, Lake Huron. J Great Lakes Res 21: 435-448
- FRENCH JRP, BUR MT (1993) Predation of the zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) by freshwater drum in western Lake Erie. U: NALEPA TF, SCHLOESSER DW (eds.): Zebra mussels: Biology, Impacts, and Control. Lewis Publishers, Boca Raton, str 453-464
- GIAMBERINI L, AUFFRET M, PIHAN J-C (1996) Haemocytes of the freshwater mussel, *Dreissena polymorpha* Pallas: citology, citochemistry and X-ray microanalysis. J Moll Stud 62: 367-379
- GIST DH, MILLER MC, BRENCE WA (1997) Annual reproductive cycle of the zebra mussel in the Ohio River: A comparison with Lake Erie. Arch Hydrobiol 138: 365-379
- GLOBAL INVASIVE SPECIES DATABASE (2005) *Dreissena polymorpha*, postavljeno 1. 9. 2005. <http://www.issg.org/database/species/ecology.asp?si=50&fr=1&sts=&lang;> pristupljeno 25. 5. 2010.

- HAAG WR, GARTON DW (1992) Synchronous spawning in a recently established population of mussel, *Dreissena polymorpha*, in western Lake Erie, USA. *Hydrobiologia* 234: 103-110
- HAAG WR, BERG DJ, GARTON DW, FARRIS JL (1993) Reduced survival and fitness in native bivalves in response to fouling by the introduced zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) in western Lake Erie. *Can J Fish Aquat Sci* 50: 13-19
- HINCKS SS, MACKIE GL (1997) Effects of pH, calcium, alkalinity, hardness, and chlorophyll on the survival, growth, and reproductive success of zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) in Ontario lakes. *Can J Fish Aquat Sci* 54: 2049-57
- HINZ,W, SCHEIL HG (1972) Zur Filtrationsleistung von *Dreissena*, *Sphaerium* und *Pisidium* (Eulamellibranchiata). *Oecologia* 11: 45-54
- JONES CG, LAWTON JH, SHACHAK M (1994) Organisms as ecosystem engineers. *Oikos* 69: 373-386
- JUHEL G, CULLOTY SC, O'RIORDAN RM, O'CONNOR JO, DE FAOITE L, MCNAMARA R (2003) A histological study of the gametogenic cycle of the freshwater mussel *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771) in Lough Derg, Ireland. *J Moll Stud* 69: 365-373
- KARATAYEV AY, MIKHEEV VP, AFANASEV SA, KIRPICHENCO MY, PROTASOV AA, SHEVTSOVA LV, KHARCHENKO TG (1994) Practical significance, use, and outgrowth prevention of hydrotechnological constructions. U: STAROBOGATOV JI (ed): *Freshwater Zebra Mussel Dreissena polymorpha* (Pall.) (Bivalvia, Dreissenidae). Systematics, Ecology, Practical Meaning. Nauka, Moskva, str 206-221
- KARATAYEV AY, BURLAKOVA LE, PADILLA DK (1997) The effects of *Dreissena polymorpha* (Pallas) invasion on aquatic communities in eastern Europe. *J Shellfish Res* 16: 187-203
- KARATAYEV AY, BURLAKOVA LE, PADILLA DK (1998) Physical factors that limit the distribution and abundance of *Dreissena polymorpha* (Pall.). *J Shell Res* 17: 1219-1235
- KRANJ EV R (1993) Hrastovi i školjke iz jezera. *Hrvatske šume* 22: 15
- KRANJ EV R (1996) Trokutnja a - školjka koja upozorava i prijeti. *Koprivni ke novine* 11

- LAJTNER J (2005) Reproductivni ciklus školjkaša *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771) u rijeci Dravi. Doktorska disertacija. Prirodoslovno matemati ki fakultet. Sveu ilište u Zagrebu, 134 str.
- LAJTNER J, KLOBU AR GIV (1996) *Dreissena polymorpha* Pallas - najljepši i najproblemati niji školjkaš voda na kopnu. III. Paleozoologija i zoogeografija vrste. *Priroda* 86 (823): 25-26
- LAJTNER J, MARUŠI Z, KLOBU AR GIV, MAGUIRE I, ERBEN R (2004) Comparative shell morphology of the zebra mussel, *Dreissena polymorpha* in the Drava river (Croatia). *Biologia* 59: 595-600
- LAJTNER J, KLOBU AR GIV, MAGUIRE I, LUCI A, ŠTAMBUK A, ERBEN R (2005) They came from the Danube River – History and present status of *Dreissena polymorpha* and *Orconectes limosus* in Croatia. Abstract volume. International Workshop Biological Invasions in Inland Waters. Firenca, str 46
- LAJTNER J, LUCI A, MARUŠI M, ERBEN (2008) The effects of the trematode *Bucephalus polymorphus* on the reproductive cycle of the zebra mussel *Dreissena polymorpha* in the Drava River. *Acta parasitol* 53: 85-92
- LANCIONI T, GAINO E (2006) The invasive zebra mussel *Dreissena polymorpha* in Lake Trasimeno (Central Italy): Distribution and reproduction. *Ital J Zool* 73: 335-346
- LEACH JH (1993) Impacts of the Zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) on water quality and fish spawning reefs in western Lake Erie. U: NALEPA TF, SCHLOESSER DW (eds.): *Zebra mussels: Biology, Impacts, and Control*. Lewis Publishers, Boca Raton, str 381-397
- LEWANDOWSKI K, EJSMONT-KARABIN J (1983) Ecology of planktonic larvae of *Dreissena polymorpha* (Pall.) in lakes with different degrees of heating. *Pol Arch Hydrobiol* 30: 89-101.
- LIMBURG KE, AHREND K (1994) Zebra mussel veligers observed in larval fish guts. *Dreissena*, Zebra Mussel Information Clearinghouse Newsl, Brockport, 5: 4
- MACISAAC HJ, SPRULES WG, LEACH JH (1991) Ingestion of small-bodied zooplankton by zebra mussels (*Dreissena polymorpha*): Can cannibalism on larvae influence population dynamics? *Can J Fish Aquat Sci* 48: 2051-2060
- MACISAAC HJ, SPRULES WG, JOHANNSON OE, LEACH JH (1992) Filtering impacts of larval and sessile zebra mussels (*Dreissena polymorpha*) in western Lake Erie. *Oecologia* 92: 30-39



- MACISAAC HJ, LONNIE CJ, LEACH JH (1995) Suppression of microzooplankton by zebra mussels: Importance of mussel size. *Freshwater Biol* 34: 379-387
- MACKIE GL (1991) Biology of the exotic zebra mussel, *Dreissena polymorpha*, in relation to native bivalves and its potential impact in Lake St. Clair. *Hydrobiologia* 219: 251-268
- MANTECCA P, VAILATI G, GARIBALDI L, BACCHETTA R (2003) Depth effects on zebra mussel reproduction. *Malacologia* 45: 109-120
- MARTYNIAK A, JERZYK MS, ADAMEK Z (1987) The food of bream (*Abramis brama*) in the Pierzchaly Reservoir (Poland). *Folia Zool* 36: 273-280
- MATONI KIN I, PAVLETI Z, HABDIJA I, STILINOVI B (1975) Prilog valorizaciji voda ekosistema rijeke Save. Sveu ilišna naklada Liber, Zagreb, 96 str
- MATTHEWS MA, MCMAHON RF (1999) Effects of temperature and temperature acclimation on survival of zebra mussels (*Dreissena polymorpha*) and Asian clams (*Corbicula fluminea*) under extreme hypoxia. *J Moll Stud* 65: 317-325
- MAY B, MARSDEN JE (1992) Genetic identification and implications of another invasive species of dreissenid mussel in the Great Lakes. *Can J Fish Aquat Sci* 49:1501-1506
- MCMAHON RF (1991) Mollusca: Bivalvia. U: THORP JH, COVICH AP (eds): Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrates. Academic Press, San Diego, str 315-399
- MELLINA E, RASMUSSEN JB, MILLS EL (1995) Impact of mussel (*Dreissena polymorpha*) on phosphorus cycling and chlorophyll in lakes. *Can J Fish Aquat Sci* 52: 2553-2573
- MIŠETI S, MRAKOV I M, HABEKOVI D, POPOVI J, TURK M, TOMAŠKOVI N, FAŠAI , G (1991) Fizikalno-kemijske, biološke i ihtiološke zna ajke nadzemnih voda hidroenergetskog sustava HE Varaždin, HE akovec i HE Dubrava u godini 1990. Institut za ribnja arstvo, Zagreb, 98 str
- MOLLOY DP, KARATAYEV AY, BURLAKOVA LE, KURANDINA DP, LARUELLE F (1997) Natural enemies of zebra mussels: predators, parasites, and ecological competitors. *Rev Fish Sci.* 5: 27-97
- MORTON BS (1969a) Studies on the biology of *Dreissena polymorpha* Pall. I. General anatomy and morphology. *Proc Malacol Soc London* 38: 301-321

- MORTON BS (1969b) Studies on the biology of *Dreissena polymorpha*. II. Correlation of rhythms of feeding, digestion and excretion. Proc Malacol Soc London 38: 401-414
- MORTON BS (1969c) Studies on the biology of *Dreissena polymorpha* Pall. IV. Habits, habitats, distribution, and control. Water Treat Examin 18:233-240
- MORTON BS (1993) The anatomy of *Dreissena polymorpha* and the evolution and success of the heteromyarian form in the Dreissenoida. U: Nalepa TF, Schloesser DW (eds.): Zebra mussels: Biology, Impacts, and Control. Lewis Publishers, Boca Raton, str. 185-216
- MRAKOV I M, KEROVEC M, MIŠETI S, PLENKOVI -MORAJ A, MIHALJEVI Z, MUSTAFI P, TERNJEJ I, ZANELLA D, ALETA M, RADI I (2003) Fizikalno-kemijske, biološke i ihtiološke zna ajke nadzemnih voda hidroenergetskog sustava HE Varaždin, HE akovec i HE Dubrava u godini 2002. Prirodoslovno matemati ki fakultet, Zagreb, Institut za ribnja arstvo, Zagreb, 116 str
- NEUMANN D, BORCHERDING J, JANTZ B (1993) Growth and seasonal reproduction of *Dreissena polymorpha* in the Rhine River and adjacent waters. U: Nalepa TF, Schloesser DW (eds.): Zebra mussels: Biology, Impacts, and Control. Lewis Publishers, Boca Raton, str. 95-110
- NICHOLS SJ, KOLLAR B (1991) Reproductive cycle of zebra mussel *Dreissena polymorpha* in western Lake Erie at Monroe, Michigan, Abstracts of the second International Zebra mussel Conference, Rochester
- NICHOLS KH, HOPKINS GJ (1993) Recent changes in Lake Erie (north shore) phytoplankton: Cumulative impacts of phosphorus loading reductions and the Zebra mussel introduction. J Great Lakes Res 19: 637-647
- NUTALL CP (1990) Review of the Caenozoic heterodont bivalve superfamily Dreissenacea. Paleontology 33: 707-737
- PATHY DA (1994) The life history and demography of zebra mussel, *Dreissena polymorpha*, populations in Lake St. Clair, Lake Erie, and Lake Ontario (Michigan, Ohio, Pennsylvania, New York). M Sc Thesis. University of Guelph (Canada)
- ROMEIS B (1968) Mikroskopische technik. 16 Aufl Oldenbourg, München, 695 str
- SPRUNG M (1987) Ecological requirements of developing *Dreissena polymorpha* eggs. Arch Hydrobiol 1: 69-86
- SPRUNG M (1991) Cost of reproduction: A study on the metabolic requirements of the gonads and fecundity of the bivalve *Dreissena polymorpha*. Malacologia 33: 63-70

- STANCZYKOWSKA A (1977) Ecology of *Dreissena polymorpha* (Pall.) (Bivalvia) in lakes. Pol Arch Hydrobiol 24: 461-530
- ŠVOB M (1974) Histološke i histokemijske metode. Svjetlost, Sarajevo, 362 str
- TARNIK T (2008) Sezonska dinamika li inki školjkaša *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771) u hidroakumulacijama rijeke Drave. Magistarski rad. Prirodoslovno matemati ki fakultet. Sveu ilište u Zagrebu, 95 str
- VAN DER VELDE G, PAFFEN BGP, VAN DER BRINK FWB, BIJ DE VAATE A, JENNER HA (1994) Decline of zebra mussel populations in the Rhine: Competition between two mass invaders (*Dreissena polymorpha* and *Corophium curvispinum*). Naturwissenschaften 81: 32-34
- WALZ N (1978) The energy balance of the freshwater mussel *Dreissena polymorpha* Pallas in laboratory experiments and in the Lake Constance. II. Reproduction. Arch Hydrobiol/Suppl. 55: 106-119
- WIKTOR J (1963) Research on the ecology of *Dreissena polymorpha* (Pall.) in the Szczecin Lagoon (Zalew Szczecinski). Ekol Pol 11: 275-280
- YONGE CM, CAMPBELL JI (1968) On the heteromyarian condition in the Bivalvia with special reference to *Dreissena polymorpha* and certain Mytilacea. Transactions of the Royal Society of Edinburgh 68: 21-43